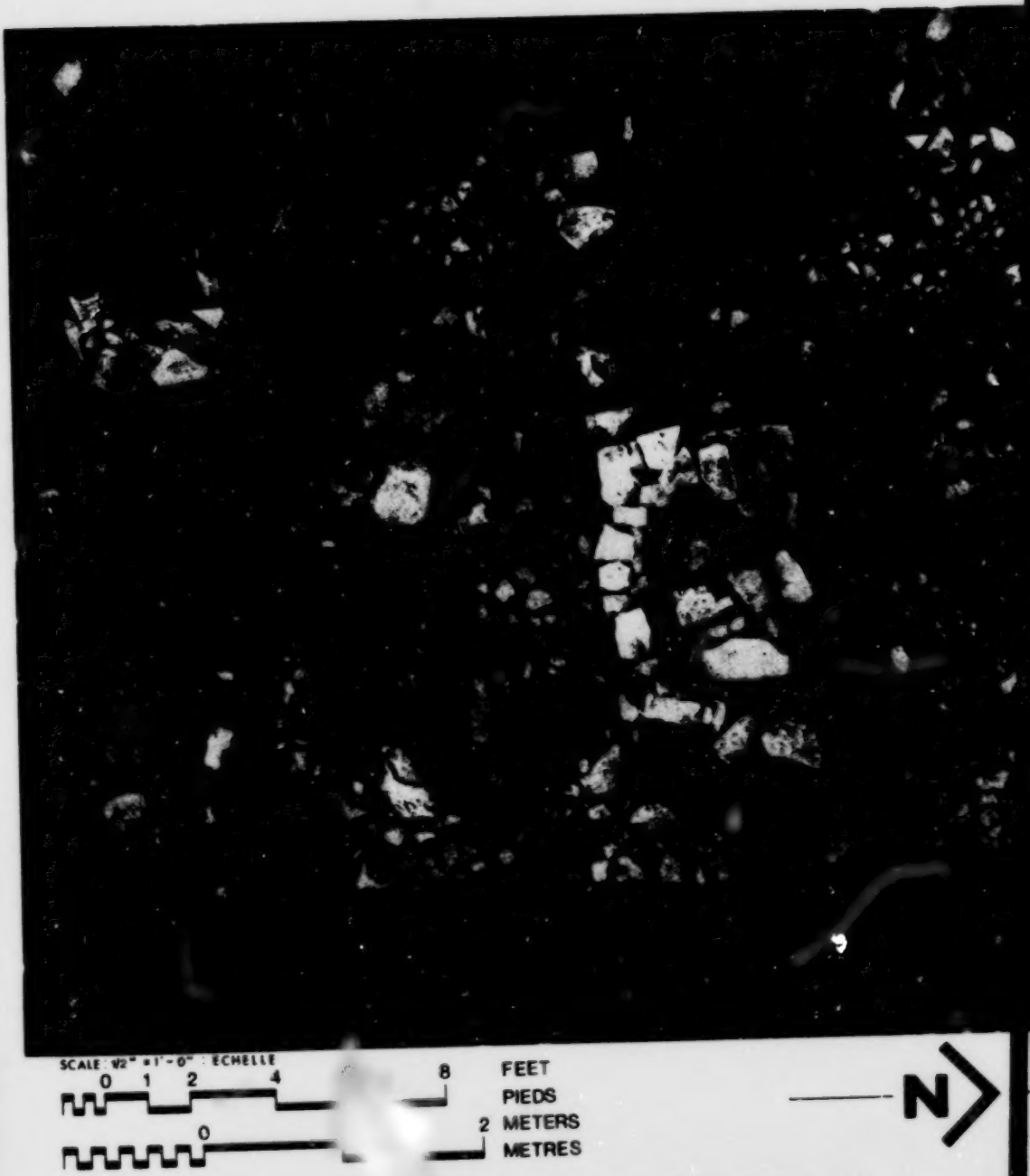
Forge d'un poste de traite sur la frontière, 1796 - 1812

John D. Light

et Henry Unglik

Parcs Canada Parks Canada



Représentation photogrammétrique de la forge. (Photo: B. Chapman)

Forge d'un poste de traite sur la frontière, 1796 - 1812

John D. Light et Henry Unglik

Étameur, commerçant, soldat, forgeron John D. Light 3

Étude métallographique des haches Henry Unglik 51

Examen des scories et du fer Henry Unglik 95

Études en archéologie architecture et histoire

Direction des lieux et des parcs historiques nationaux
Parcs Canada
Environnement Canada
1984

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1984.

En vente au Canada par l'entremise de nos agents libraires agréés et autres librairies, ou par la poste au Centre d'édition du gouvernement du Canada, Approvisionnements et Services Canada, Hull, Québec, Canada K1A 0S9.

This issue is available in English as **A Frontier Fur Trade Blacksmith Shop, 1796-1812** (catalogue no. R61-2/9-18E) in Canada through authorized bookstore agents and other bookstores or by mail from the Canadian Government Publishing Centre, Supply and Services Canada, Hull, Quebec, Canada K1A 0S9.

Prix au Canada: 7,45 $
Prix à l'étranger: 8,95 $
Prix sujet à changement sans préavis:

N° de catalogue: R61-2/9-18F
ISBN: 0-660-91318-6
ISSN: 0821-1035

Publié avec l'autorisation
du ministre de l'Environnement,
Ottawa, 1984.

Traduction: Secrétariat d'État.
Révision et conception: Jacques Landriault
Conception de la couverture: Paula Irving

Les opinions exprimées dans le présent ouvrage sont celles de l'auteur et ne sont pas nécessairement partagées par Environnement Canada.

Parcs Canada publie les résultats de ses recherches, en archéologie, architecture et histoire. Pour obtenir une liste de ces titres, prière de s'adresser au chef des publications de recherches, Parcs Canada, 1600 Liverpool Court, Ottawa, Ontario K1A 1G2.

Couverture: Adaptation d'un dessin de Danielle Dupont (Musée national de l'Homme).

Étameur, commerçant, soldat, forgeron: Forge d'un poste de traite sur la frontière, fort Saint-Joseph, Ontario, 1796–1812

ou

l'art et les instruments du métier de maréchal-ferrant, étameur, fabricant de pièges et d'outils, armurier, charron, serrurier

et forgeron général,
ainsi que

la description des pièces de céramique et de verre, des pipes à tabac et des outils de la période,

accompagnant

une analyse du matériel historique et archéologique qui a servi à préciser l'aménagement d'origine de la forge et son cadre, le tout selon les méthodes scientifiques

et

faisant état, comme il se doit, des autorités reconnues dans divers domaines de l'activité humaine

John D. Light

Remerciements 4
Introduction 5
Agencement de l'atelier 6
Identification du propriétaire de l'atelier 12
Description des artefacts 14
Céramique 14
Verre 16
Pipes 18
Quincaillerie de bâtiment 19
Outils 20
Limes 20
Haches 21
Autres outils 24
Maréchalerie 25
Tonnellerie 27
Réparation d'articles domestiques 27
Pièges 27
Armes et accessoires 30
Étamage 32
Restes fauniques 37
Conclusion 39
Appendice A. Identification des zones de travail de la boutique du fort Saint-Joseph 41
Appendice B. Preuves documentaires relatives à la propriété de la boutique de forge 44
Appendice C. Teneur de l'entente intervenue entre Spenard, Fields, Varin et Pelladeau d'une part et Tousaint Pothier d'autre part 47
Appendice D. Artefacts de la fouille 1H48 48
Bibliographie 50

Présenté pour publication en 1979 par John D. Light, Direction des lieux et des parcs historiques nationaux, Parcs Canada, Ottawa.

REMERCIEMENTS

Tout au long de la présente étude nous avons bénéficié de l'aimable concours d'un grand nombre de personnes dont Robert Allen, Jean Brathwaite, Dennis Carter-Edwards, Stephen Cumbaa, Dorothy Griffiths, Charles Hanson, Olive Jones, Karlis Karklins, Ted MacDonald, George Miller, Mary O'Donnell, Peter Priess et Ron Whate. Ces personnes nous ont procuré des renseignements importants ou indiqué avec bienveillance la bonne voie.

Nous aimerions remercier en particulier Les Ross, de la Direction des lieux et des parcs historiques nationaux, Parcs Canada, Ellen Lee de la région de l'Ontario qui a dirigé les fouilles et le regretté Per Guldbec, Conservateur en chef à Parcs Canada, région de l'Ontario, qui nous a fourni une foule de détails sur les techniques de forgeage d'il y a 200 ans, avec toute la compétence, la gentillesse et l'humour qui le caractérisaient.

Ce type d'analyse n'est possible que lorsqu'on fait la fouille complète du site. Les sondages pilotes, si ingénieux ou statistiquement valables soient-ils, sont inaptes à fournir des renseignements d'ensemble. Par conséquent, nous tenons à exprimer notre reconnaissance aux planificateurs et archéologues de Parcs Canada qui sont conscients des exigences nombreuses et variées de notre métier et n'ont jamais perdu de vue le but ultime de la fouille.

INTRODUCTION

La boutique de forge décrite dans le présent ouvrage était située dans la partie est du vieux fort St. Joe Point dans l'île Saint-Joseph en Ontario. La pointe fut occupée de 1796 à 1828 bien que le fort britannique ait été incendié par une troupe américaine en 1814. Après la guerre de 1812-1814, il ne resta qu'une petite troupe britannique sur la pointe, les troupes principales s'étant transportées dans l'île Drummond en 1815. La boutique de forge était située en dehors de l'enceinte du fort (voir fig. 39 et 40).

La date exacte de construction n'est pas connue mais il est probable qu'on se servait déjà du bâtiment avant 1810. Construite en bois, la boutique était assise sur une fondation en pierre située directement au nord d'un ouvrage mi-souterrain enfoui qui semble du même contexte. Comme nous n'avons trouvé aucune trace d'élément de la superstructure au cours des fouilles et qu'il n'y avait aucun indice d'incendie, nous croyons possible que la forge ait été déménagée, peut-être à l'île Drummond. Les dimensions maximales de la boutique de forme irrégulière sont de 16 pieds d'est en ouest et de 18,7 pieds du nord au sud. Il semble bien qu'elle possédait un plancher de pierres rondes recouvertes de terre plutôt qu'un plancher de bois. Le fourneau était placé contre le mur nord intérieur du bâtiment, une base d'enclume était située au centre et un mur bas en maçonnerie, de forme irrégulière et de fonction inconnue, était érigé dans l'angle sud-ouest.

Après les fouilles, nous avons fait porter notre analyse sur les deux points suivants: nous nous sommes attachés d'une part à déterminer l'agencement intérieur de la boutique et à circonscrire les aires de travail, et d'autre part à cerner les liens qui ont pu exister entre la forge et l'une des trois composantes sociales du lieu, l'armée, le ministère des Indiens et les commerçants.

AGENCEMENT DE L'ATELIER

Les fouilles ont mis au jour les restes de la forge et un trou contenant les vestiges d'une souche d'épinette (Fecteau 1979) qui servait de base à l'enclume. La souche avait été maintenue en place par plusieurs grosses pierres, de la terre, des cailloux et des bouts de ferraille tassés tout autour. Construite de blocs de pierre calcaire montés à sec, la forge mesure de 5,5 à 6 pieds dans la direction est-ouest et 4,5 pieds dans la direction nord-sud. De son enveloppe extérieure, il ne restait plus qu'une ou deux assises de pierre mais de nombreux débris de pierre calcaire dispersés autour semblent en avoir fait partie; son centre était rempli de galets et de terre. Sa hauteur exacte n'est pas connue, mais elle devait être d'environ 3 pieds pour permettre au forgeron de se tenir debout à l'aise tout en travaillant.

Nous n'avons pas trouvé de tuyères, tuyaux qui amènent l'air sous pression jusqu'au fourneau, mais plusieurs des morceaux de scories que nous avons ramassés indiquent clairement que la forge a été équipée au cours de son histoire de deux types de tuyère: l'une de côté et l'autre de dessous (fig. 1). Cette présence de deux tuyères est peut-être due aux préférences de deux forgerons différents. Étant donné qu'il reste un morceau de tuyau attaché au reste du soufflet, dans la tuyère inférieure, il est possible que le forgeron ait opté pour une tuyère latérale.

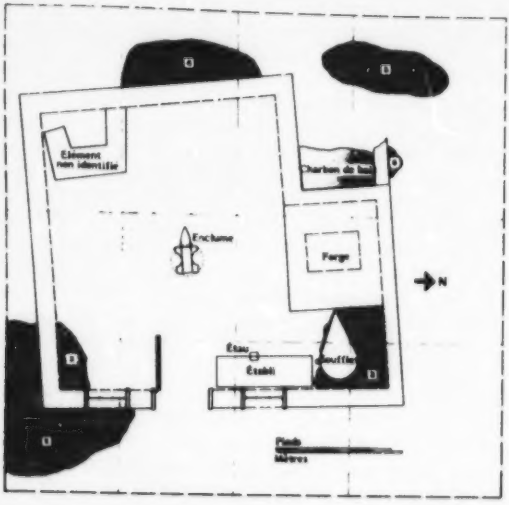
À part la présence des deux tuyères, l'examen des scories a également révélé que le forgeage avait lieu dans un feu de charbon de bois déposé sur un lit de sable. C'est par la présence de verre dans les scories et de petites particules de sable et de charbon de bois collées sous les scories que nous en sommes venu à ces conclusions. La forge aurait alors eu la forme d'une boîte rectangulaire remplie de moellons recouverts d'un lit de sable pour le feu d'où sortait une tuyère. Le feu de charbon de bois était alors déposé sur le sable. Une analyse métallurgique approfondie des scories effectuée par Henry Unglik donne une image plus complète des procédés de forgeage utilisés à la forge et accompagne le présent ouvrage.

On conservait le charbon dans un caisson extérieur à l'angle nord-ouest du bâtiment (fig. 2). Cette pratique était courante pour empêcher la combustion spontanée ou accidentelle. Les échantillons de charbon de bois que nous avons analysés avaient tous été produits à partir de bois dur provenant des arbres de la région. Le forgeron n'avait peut-être pas d'autres possibilités, ou ne faisait pas

1 Scories portant les traces de la tuyère latérale (a) et de la tuyère inférieure (b). Une partie de tuyau subsiste dans le spécimen du bas. (Photo: R. Chan.)

toujours un choix judicieux, car les espèces d'arbres représentées dans la boutique sont le frêne, l'érable à sucre, l'orme blanc, le bouleau, le peuplier, le saule, l'érable rouge, le hêtre et le chêne rouge (Fecteau 1979, p. 19). Quoi qu'il en soit, les échantillons de frêne, de bouleau, de hêtre sont les plus abondants et ces bois constituent de bons combustibles.

En plus de la forge, la base de l'enclume et le caisson à combustible, les fouilles ont également mis au jour plusieurs concentrations de déchets issus de l'atelier (fig. 2). Le tas de déchets de composition hétérogène le plus gros gisait à l'extérieur de l'angle sud-est du bâtiment et s'étendait le long des murs sud et est. L'amas était composé de scories de forge, de ferraille et de rebuts d'alliages de cuivre comme le tas plus petit situé dans l'angle sud-est intérieur. Mais comme le mur de terre du bâtiment mi-souterrain au sud de l'atelier s'élève assez brusquement, ce petit amas a pu



2 Agencement connu de la boutique. Les dépôts numérotés sont les suivants: 1) scories, alliage de cuivre et déchets ferreux; 2) probablement une extension du nº 1, contient le même type de matériau; 3) scories, alliage de cuivre et déchets ferreux; 4) scories, le dépôt n'est pas distribué de façon uniforme, la majorité des matériaux se trouvant du côté nord; 5) céramique et verre; 6) verre. Voir les figures 3 et 4. (Dessin: P. Handy.)

être déposé à l'endroit où nous l'avons trouvé du fait de l'érosion après que le mur du bâtiment eut été enlevé. Un autre amas contenant les mêmes déchets a été trouvé à l'intérieur du bâtiment à l'angle nord-est. Nous croyons que c'est dans ce coin également qu'était probablement situé le soufflet, car, comme il est forcément en hauteur, il arrive souvent que les déchets s'accumulent en dessous. Habituellement les déchets qui se trouvaient à l'intérieur, sous le soufflet, étaient des matériaux que le forgeron pouvait réutiliser, alors que les déchets accumulés à l'extérieur étaient des matériaux de rebut. Dans le cas qui nous intéresse, cependant, il ne semble pas y avoir de différence appréciable entre le genre de déchets ou leur quantité, qu'ils soient sous le soufflet ou à l'extérieur. Malheureusement nous n'avons pas pu trouver les vestiges des poteaux qui servaient de support au soufflet, nous sommes donc dans l'impossibilité de démontrer avec certitude l'emplacement exact du soufflet. Toutefois, puisque l'autre possibilité placerait le soufflet à l'extérieur de l'atelier, à l'autre bout de la forge et au-dessus du tas de combustible, l'emplacement que nous avons choisi nous semble le plus logique.

Nous avons trouvé un dépôt additionnel du côté ouest du bâtiment (fig. 2), composé presque entièrement de scories (tableau 1). Apparemment, lorsqu'il y avait suffisamment de déchets, le forgeron remplissait son seau à charbon de scories qu'il déversait à l'arrière de l'atelier avant de le remplir de charbon pour alimenter la forge. À ce même endroit, nous avons trouvé le fond d'un seau en tôle et un côté de seau en tôle muni d'une oreille. Ces deux morceaux ainsi que les centaines de fragments de tôle proviennent peut-être du même seau, qui servait peut-être de seau à charbon au forgeron. Outre son emplacement et sa dimension, nous n'avons cependant aucun indice pour étayer cette hypothèse.

Les deux autres tas de déchets sont composés d'objets probablement cassés dans l'atelier. Le plus petit des deux, découvert contre le mur nord extérieur du caisson à combustible, ne comportait que du verre tandis que l'autre tas situé dans le coin nord-ouest de l'atelier contenait du verre et de la céramique.

La figure 2 montre l'emplacement et l'étendue approximative des différents dépôts de déchets et des divers éléments dont nous

Tableau 1. Distribution des scories

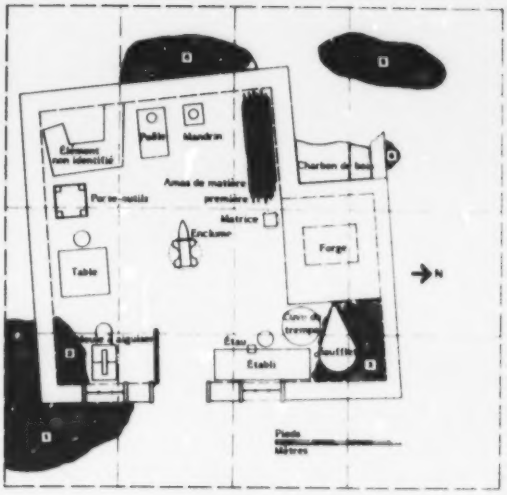
Provenance	Nbre	% du total par carré de fouille	Poids (kg)	% du total par carré de fouille
1H51A1	3		0,0782	
1H51A2	116		3,3196	
1H51A6	91	17,80	9,4792	28,06
1H51B2	51	4,32	2,3913	5,21
1H51C2	22		0,295	
1H51C3	2	2,03	0,213	1,10
1H51D2	68		0,5279	
1H51D5	1	4,15	0,015	1,18
1H51E1	2		0,053	
1H51E2	12	1,19	0,0552	0,24
1H51F1	1		0,4162	
1H51F2	26		0,8365	
1H51F5	2	2,46	0,6166	4,07
1H51G1	28		0,9333	
1H51G2	21		1,695	
1H51G3	93		2,9765	
1H51G4	2		0,0265	
1H51G5	2	12,54	0,0173	12,31
1H51H1	1		0,0113	
1H51H2	36		0,7213	
1H51H3	10		0,536	
1H51H5	6	4,49	0,0194	2,81
1H51J2	90		5,9	
1H51J5	21	9,41	0,8725	14,76
1H51K1	2		0,122	
1H51K2	13		0,702	
1H51K4	206		4,3636	
1H51K5	88	26,19	2,9568	18,14
1H51L1			0,1377	
1H51L1	2		0,490	
1H51L2	7		4,3859	
1H51L3	135		0,4639	
1H51L5	35	15,17		11,85
1H51M2	2		0,0986	
1H51M7	1	0,25	0,0205	0,26
Total	1180	100,00 %	45,885 kg	99,99 %

Tableau 2. Distribution des tessons de vitres

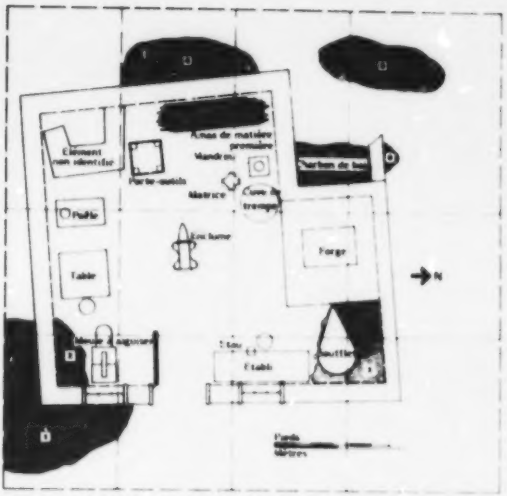
Provenance	Nbre	% du total par carré de fouille	Poids (kg)	% du total par carré de fouille
1H51A2	66		17,7	
1H51A3	1		0,2	
1H51A6	20		9,8	
1H51A5	5	24,15	2,4	20,46
1H51B2	26		7,0	
1H51B5	1	7,09	0,4	5,03
1H51C2	7		9,9	
1H51C3	3	2,62	7,8	12,03
1H51D1	2		0,8	
1H51D2	40		9,8	
1H51D5	3	11,81	1,3	8,10
1H51E1	1		0,4	
1H51E2	27		7,3	
1H51E3	8		2,2	
1H51E6	2	9,97	1,8	7,95
1H51F2	1	0,26	0,3	0,20
1H51G1	5		1,2	
1H51G2	63		30,3	
1H51G3	5		1,9	
1H51G4	39		16,4	
1H51G5	6	30,97	2,8	28,96
1H51H1	3		1,2	
1H51H2	2		1,1	
1H51H4	1	1,57	0,3	1,77
1H51K2	28		10,0	
1H51K5	3	8,14	2,4	8,93
1H51L3	8	2,19	6,4	4,35
1H51M3	4		3,3	
1H51M7	1	1,31	0,7	2,72
Total	381	99,99 %	147,1	100,00%

avons parlé jusqu'à présent. Le mur nord du caisson de combustible se prolongeait probablement plus loin que l'illustration ne le montre puisque le dépôt de charbon s'étend dans une ligne irrégulière à l'ouest du mur actuel, mais comme nous n'avons relevé aucune fondation à cet endroit, cette portion de mur a été omise.

La figure 2 montre également les fenêtres, la porte, l'établi et l'étau dont l'emplacement a été déterminé par la répartition des artefacts plutôt que par la charpente du bâtiment dont nous n'avons pas trouvé de vestiges. Deux concentrations de verre de vitres nous ont indiqué la position relative des fenêtres (tableau 2), mais le fait que l'espace entre les fenêtres était presque dépourvu d'artefacts est l'indice d'un secteur de forte circulation que la présence d'une porte pourrait expliquer. L'emplacement relatif de la forge, du bâtiment mi-souterrain et des divers tas de déchets éliminait presque la possibilité de la présence de la porte à un autre endroit, à l'exception peut-être du mur ouest. La porte selon l'illustration s'ouvre vers l'intérieur comme c'est généralement le cas (Ted Macdonald 1979: comm. pers.). En plus de permettre l'installation d'une deuxième porte extérieure, cette disposition facilite le verrouillage de la porte et permet de protéger l'ouverture contre les intempéries. Là où des preuves archéologiques à ce sujet existent, au fort Saint-Joseph, on a remarqué que les portes s'ouvrent vers l'intérieur (Karklins 1978: s.éd.). Le dernier élément illustré à la figure 2, l'établi et son étau, a pu être situé grâce à l'analyse du sol (append. A). La présence d'écailles dues au travail du métal nous donne l'emplacement approximatif de l'étau, mais comme l'étau doit être fixé à l'établi, l'emplacement des deux objets peut être déterminé par l'analyse du sol. La position de la fenêtre corrobore notre conclusion car un bon éclairage est indispensable lors de la manipulation des petits objets qui se travaillent habituellement à l'étau. De plus, cette observation est appuyée par le fait que la majorité des objets dont la dimension nécessite le travail à l'étau, comme les pièces d'un fusil par exemple, ont été bel et bien découverts dans l'angle nord-est de l'atelier. Nous ne savons pas s'il s'agit d'un étau à pied ou d'un étau d'établi, mais il semble plus probable qu'il s'agit d'un étau à pied de forgeron puisque ce modèle est plus solide.



3 Agencement possible de la boutique. (Dessin: P. Handy.)



4 Autre agencement possible de la boutique. (Dessin: P. Handy.)

La figure 2 n'illustre que les éléments sur lesquels nous possédons des informations sûres ou très probables. En revanche, les figures 3 et 4 représentent des dispositions hypothétiques de l'intérieur de l'atelier et devraient être examinées en comparaison avec la figure 2. À l'aide des renseignements de la figure 2, des autres indices provenant de la collection d'objets et de la connaissance des outils nécessaires au forgeron, il est possible de recréer une disposition plausible de l'atelier. Nous avons inclus deux schémas pour mettre en évidence le caractère aléatoire de certaines données.

En plus des éléments de la figure 2, chacun des deux schémas hypothétiques montre une meule à aiguiser dans l'angle sud-est intérieur. Étant donné la quantité de haches trouvées dans l'atelier, nous savons que la réparation des haches était l'une des activités principales du forgeron (tableau 8), ce qui suppose donc l'existence d'une meule à la boutique. Nous savons par ailleurs que le forgeron du ministère des Indiens, au fort (mais est-ce le même forgeron?), disposait d'une meule (APC, RG8, I, vol. 254, p. 57-59). La meule a été placée là où elle est dessinée à cause de la lumière provenant de la fenêtre.

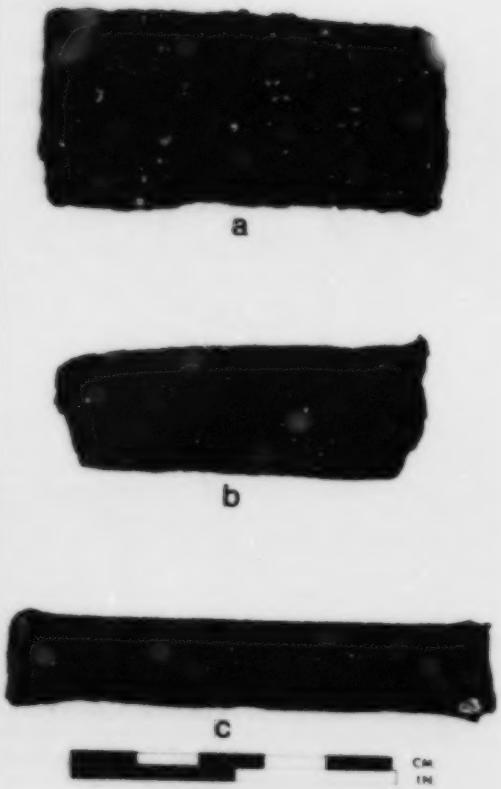
Les deux plans d'étage montrent une table appuyée contre le mur sud. Il s'agissait probablement de l'endroit de l'atelier consacré à la vie domestique puisque presque tous les objets liés aux repas et au repos ont été trouvés le long du mur sud intérieur. C'est à cet endroit que les fouilles ont mis au jour les seuls ustensiles de cuisine (deux couteaux et une cuillère) que nous ayons trouvés, ainsi que l'unique couteau pliant, le seul moucheur de chandelles, le seul morceau d'instrument de musique (anche d'harmonica) et toutes les pipes d'usage courant, à l'exception d'une seule (fig. 5). De plus, les articles de table en céramique non retrouvés dans les déchets à l'extérieur de l'atelier proviennent tous du secteur du mur sud. La plupart de ces objets en céramique sont des tessons divers, ce qui suppose qu'il s'agit d'une zone de dépôt primaire. La seule exception notable au schéma général des matériaux trouvés le long du mur sud concerne les récipients, en verre et en céramique, qui appartiennent davantage à la zone entourant l'établi et la forge, même si on a également trouvé des tessons de récipients le long du mur sud. Bien que le coin-cuisine de l'atelier fût situé le long du mur sud, nous ne l'avons pas inclus dans la figure 2 car nous ignorons tout des dimensions, de la

5 Articles provenant du secteur domestique de la forge: a) lame de couteau, 1H51A2-13; b) fragment de lame de couteau, 1H51B2-38; c) couteau pliant avec incrustation d'étain, 1H51A4-16; d) cuillère en étain, 1H51B2-14; e) jointure du tuyau et du fourneau d'une pipe en argile blanche portant l'inscription "WG" 1H51C2; f) jointure du tuyau et du fourneau d'une pipe en argile blanche 1H51A4; g) fragment d'un tuyau de pipe aborigène en stéatite, 1H51B2-15; H) anche d'harmonica, deux morceaux, 1H51B2-30; i) mouchoir de chandelle, mouchettes -- le plateau a été soudé au tuyau par brasage, 1H51C2-18. (Photo: R. Chan.)

forme et du style de la table, et l'on n'a pas pu déterminer son emplacement exact.

Tous les autres objets représentés dans les figures 3 et 4 sont montrés à des endroits différents. Comme il n'y avait presque pas d'artefacts du côté ouest de la boutique, il s'agissait probablement de la section réservée à l'entreposage. Ainsi, les matières premières, le mandrin et la matrice sont indiqués du côté ouest de la forge. Même si le forgeron possédait une réserve de matière première (fig. 6), les quantités dont il disposait devaient être minimes car nous possédons de nombreux témoignages de la réutilisation du métal, tant l'acier que le fer. Le forgeron récupérait également l'acier des limes (fig. 15) et des ressorts de pièges (fig. 28) tout comme il martelait la ferraille pour grossir sa réserve (fig. 6a). Pour ces raisons et du fait que nous n'avons trouvé que six restes de matière première, tous situés dans la région immédiate de l'enclume, la quantité de matière première illustrée sur le plan d'étage manque légèrement de réalisme.

Il se peut que le forgeron n'ait eu ni matrice, ni mandrin à sa disposition, ou qu'il



6 Fragments de matière première pour fer forgé: a) matière première provenant de ferraille, probablement martelée par le forgeron, 1H51L3-15; b) matière première en bloc rond, 1H51E3-24; c) matière première en bloc carré, 1H51E3-24. (Photo: R. Chan.)

ait eu l'un ou l'autre, ou même les deux. Quoi qu'il en soit, ces deux outils ne sont pas utilisés aussi souvent que l'enclume ou l'étau, et ils sont donc placés là où ils ne nuisent pas tout en restant à portée de la main. Le même raisonnement s'applique au porte-outils, bien qu'encore une fois il soit possible que le forgeron n'en ait pas eu et ait préféré accrocher ses outils à la forge. Même si nous n'avons relevé aucune trace de l'existence d'un poêle dans l'atelier, nous en avons inclus un dans le plan horizontal car la forge à elle seule ne pouvait émettre suffisamment de chaleur pour chauffer la boutique en hiver, l'une des saisons les plus occupées du forgeron.

À part les tabourets, la cuve de trempe ou de refroidissement est le seul autre objet représenté sur les croquis. Cet article est indispensable dans un atelier de forgeron et il est toujours situé près de la forge. Par conséquent, s'il n'a pas été enlevé de la boutique ou déménagé ailleurs dans la boutique, les cerceaux de tonneaux retrouvés doivent avoir appartenu à la cuve de trempage. Malheureusement, bien que les cerceaux aient été trouvés à l'est de la forge, leur position exacte n'a pas été consignée et rien ne prouve qu'ils n'appartiennent pas aux matériaux déposés dans l'angle nord-est. Néanmoins, la cuve de refroidissement est indiquée dans le coin nord-est de la figure 3. Dans la figure 4, elle est située à l'ouest de la forge car indépendamment des cerceaux la cuve était trop grosse pour se trouver dans l'angle. Si nous nous étions rendus compte du problème avant d'entreprendre les fouilles, nous aurions pu mesurer toutes les sections de cerceaux situées dans un rayon de 3 pieds de la forge, par exemple, et déterminer ainsi l'emplacement de la cuve de trempe, à condition bien entendu qu'elle n'ait pas été enlevée de l'atelier.

La figure 7 représente les murs nord et est de l'atelier en trois dimensions. Bien que nous n'ayions trouvé aucun vestige de la cheminée, nous l'avons située du côté ouest (le côté le plus court) de la forge car une cheminée de forge n'a pas besoin d'être très grosse. Il est peu probable que la cheminée ait été construite du côté est de l'atelier car elle n'aurait pas eu de mur pour s'appuyer. La cuve de trempe est placée au même endroit qu'à la figure 3 à cause des cerceaux et de la proximité de l'étau. Même si le forgeron se servait à l'occasion d'un étau d'établi, nous avons choisi de représenter un étau à pied parce qu'il est d'usage plus courant et plus solide. Les fenêtres ont été munies de 12 carreaux parce que c'était le modèle le plus courant de la période qui nous intéresse (voir les illustrations dans Bealer et Ellis 1978). La porte, quant à elle, est composée de deux épaisseurs de planches placées l'une contre l'autre en direction opposée pour la simple raison que les portes des autres bâtiments trouvées au cours des fouilles sur le site étaient construites sur ce principe (Karklins 1978: s.éd.).

7 Reconstitution du mur nord et du mur est de la forge par un dessinateur. (Dessin: P. Handy.)

Le plan de cet atelier de forgeron devrait être valable pour toutes les boutiques de forge qui ne sont pas de simples appentis. En effet, toute boutique de forge, grande ou petite, possède au moins trois zones fonctionnelles distinctes même si les chevauchements ainsi que les variations de surface, de complexité et d'utilisation de l'espace sont possibles. La zone la plus importante est ce qu'on pourrait appeler l'aire de travail de l'atelier où se trouvent le soufflet, l'enclume, l'établi et l'étau. Les boutiques plus grosses et plus complexes peuvent aussi comprendre une remise pour abriter les voitures à réparer à proximité de la forge. Un endroit de la boutique est également réservé à l'entreposage et c'est là que l'on range la matière première, les outils peu utilisés, les mandrins et les matrices. Finalement, on trouve un secteur domestique où le forgeron et ses amis ou ses clients peuvent manger et se reposer. Les préférences du forgeron, l'architecture du bâtiment et l'espace intérieur, de même que la complexité et la nature des activités, déterminent la disposition des zones et leur degré de chevauchement.

IDENTIFICATION DU PROPRIÉTAIRE DE L'ATELIER

Le deuxième grand problème a été de déterminer à qui appartenait la boutique. Parmi les différents groupes sociaux qui s'offraient à nous, nous pouvions dès le départ éliminer l'armée car à part un bouton du 41^{e} régiment, un goujon de roulette d'affût de canon, une tête de boulon d'affût de canon et le battant incomplet d'une crosse de fusil, qui ont probablement une origine militaire, nous n'avons trouvé aucun objet que l'on puisse attribuer de façon sûre à l'armée. Par contre, lorsqu'il s'agit de déterminer si la boutique appartenait au ministère des Indiens ou à l'établissement de traite des fourrures, notre

tâche se complique.

L'emplacement du bâtiment ne nous aide pas à résoudre ce problème. Bien qu'il y ait de nombreux documents qui mentionnent le forgeron du ministère des Indiens au fort, ils ne font nullement allusion à l'emplacement de sa forge, et nulle part on n'a trouvé d'instructions militaires demandant au forgeron du ministère des Indiens d'installer sa forge à l'intérieur du fort. De plus, toutes les données archéologiques et historiques recueillies jusqu'à présent nous amènent à conclure que les bâtiments appartenant au ministère des Indiens étaient situés à l'extérieur de l'enceinte du fort. Donc, le fait que la boutique se trouve immédiatement à côté des bâtiments situés à l'extérieur du fort ne règle en rien le problème. S'il existe une solution, nous devons la chercher dans la collection d'objets trouvés.

Globalement, le genre d'objets découverts dans l'atelier pourrait convenir autant à la forge du ministère des Indiens qu'à celle de l'établissement de traite des fourrures. Les morceaux de haches, de bouilloires en cuivre, de pièges et de fusils de traite sont nombreux et l'une des principales activités du forgeron consistait de toute évidence à réparer ces objets. Bien que les deux forgerons se soient chargés de la réparation d'objets de ce genre, celui du ministère des Indiens s'occupait également de la fabrication de haches (APC, RG8, I, vol. 250, p. 422). Or, nous n'avons pas trouvé trace, dans l'atelier, de déchets provenant de la fabrication de haches (L. Ross 1979: comm. pers.), ni de grandes quantités de matière première. De plus, les activités de maréchalerie du forgeron indiquent qu'il travaillait pour des Européens mais rien n'empêchait un fonctionnaire du ministère des Indiens comme John Askin de commander au forgeron des travaux de ce genre.

Les deux raisons qui nous amènent à conclure que la forge appartenait à la communauté des commerçants de fourrures sont les suivantes: d'abord, aucun des objets de la boutique ne porte la marque de l'État à une époque où le ministère des Indiens avait coutume d'identifier ses produits (APC, RG8, C, vol. 253, p. 153); en second lieu, le bâtiment ne semble pas avoir été incendié par les Américains en 1814. D'après les archives, les seuls bâtiments à avoir été épargnés étaient ceux de la South West Company (Vincent 1975: s.éd.).

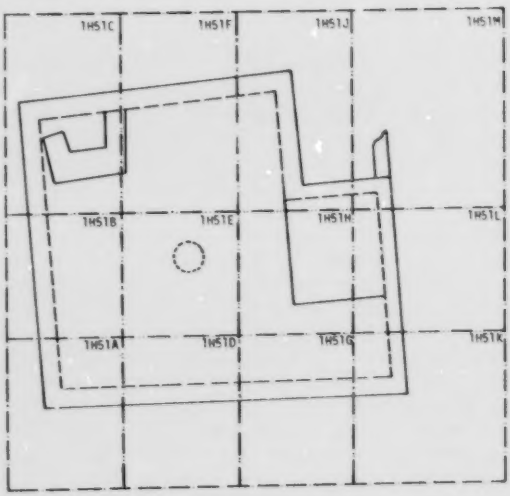
Il est peut-être possible de préciser de quelle façon l'atelier du forgeron était lié non seulement à la communauté de traite en général mais à une compagnie en particulier. La communauté des commerçants du fort Saint-Joseph était fort diverse et on y comptait la Compagnie du Nord-Ouest, la Compagnie du Sud-Ouest ainsi que quelques indépendants. La forge pouvait donc appartenir à n'importe lequel d'entre eux. Il n'est pas sans intérêt, cependant, de signaler qu'entre la mort de Louis Dufresne, forgeron du ministère des Indiens, en novembre 1805, et l'arrivée de son remplaçant, John Johnson, en décembre 1806, la compagnie indépendante de MM. Spenard, Fields, Varin et Pelladeau avait prêté un forgeron au ministère des Indiens pendant quatre mois (Vincent 1975: s.éd.). C'est ce même James Fields qui, au cours de l'été 1804, avait porté plainte contre Louis Dufresne (APC, RG8, I, vol. 254, p. 223), pour commerce illégal. Étant donné que cette compagnie avait, semble-t-il, ses quartiers généraux au poste de l'Île Saint-Joseph et qu'elle avait son propre forgeron, il est permis de croire que la boutique appartenait à MM. Spenard, Fields, Varin et Pelladeau et que l'accusation de Fields contre Dufresne n'était pas totalement dénuée de fondement.

Nous n'avons rien trouvé, parmi les artefacts, qui nous permette d'affirmer que la boutique était la propriété de la compagnie et, naturellement, il est impossible, compte tenu de nos découvertes, d'être affirmatif à propos du propriétaire de la boutique; mais si l'on considère que la compagnie a pu fournir un forgeron au ministère des Indiens dans des délais relativement courts, cela signifie qu'au cours des recherches ultérieures, on devra davantage tenir compte de MM. Spenard, Fields, Varier et Palladeau (voir append. B et C).

DESCRIPTION DES ARTEFACTS

C'est presque exclusivement par une longue et minutieuse étude des artefacts que nous en sommes venu à déterminer l'agencement de la boutique et son appartenance à une compagnie de traite des fourrures. Nous allons donc, dans les pages suivantes, faire une description de ces artefacts afin d'expliquer plus en détail le raisonnement qui nous fait aboutir aux conclusions présentées. Les artefacts sont décrits selon les catégories auxquelles ils appartiennent et en référence aux activités du forgeron. Comme nous mentionnons souvent la provenance de ces artefacts, nous avons inclus un croquis simplifié de la boutique montrant le plan de fouille (fig. 8).

Un seul artefact retrouvé dans la boutique (une balle de fusil du XX^{e} siècle) faisait figure d'anachronisme; tous les autres appartenaient à la période de l'occupation de la pointe.



8 Plan du plancher de la boutique de forge montrant la répartition du quadrillage de fouille.

Céramique (tableau 3)

Dans le carré de fouille 1H51 on a trouvé au total dix objets dont huit font partie d'un service de table ou à thé, le neuvième est un

Tableau 3. Distribution des tessons de céramique * Un seul objet

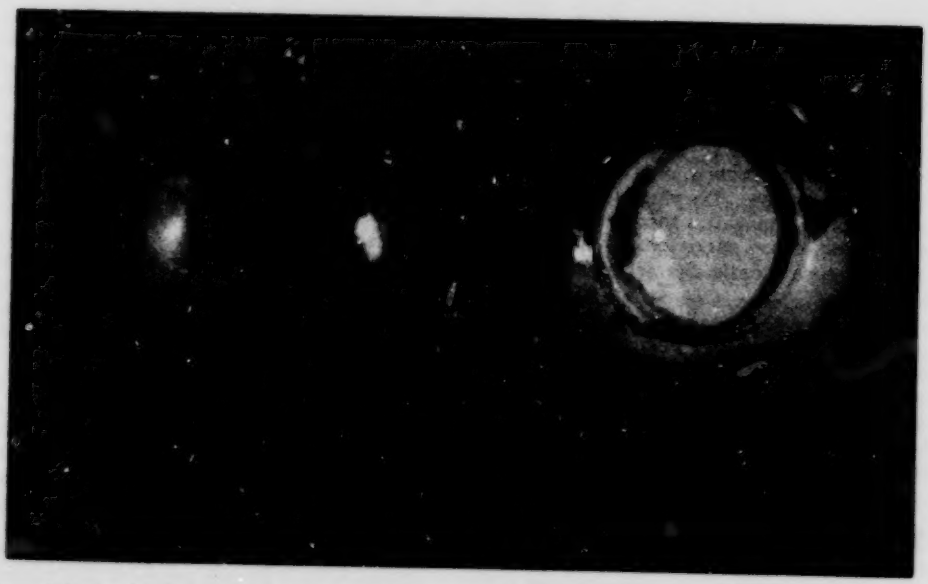
Provenance	Tessons	Type de céramique			Description et commentaires
1H51A2	1	Faïence à pâte perle			Bord festonné bleu, raccord possible avec 1H51M3-2
1H51A2	1	Faïence à pâte crème			Non caractéristique, probablement de la vaisselle plate
1H51A4	2	Faïence à pâte perle			Non caractéristique, probablement de la vaisselle plate
1H51B2	1	"	"	"	Non caractéristique, probablement de la vaisselle plate
1H51B2	1	"	"	"	Bvôté, raccord possible avec 1H51F2-18
1H51B2	1	"	"	"	Vaisselle plate
1H51B2	1	"	"	crème	Vaisselle plate, tesson de bord
1H51B2-44	2*	"	"	perle	Vaisselle plate, décalque bleu
1H51C2-22	1*	"	"	crème	Vaisselle creuse
1H51F2-18	7*	"	"	perle	Fond de bol brûlé -- 14 cm ou 5,5 pouces de diam.; motif manquant ou inexistant; comprend 2 morceaux brûlés de faïence à pâte perle provenant de 1H51C2 (dépotoir)
1H51G2-29	2*	Grès			Grès salé, Lambeth, récipient pour conserver les aliments ou cruche
1H51G2-30	1*	Faïence à pâte crème			Vaisselle plate, non caractéristique, voir 1H51A2, 1H51B2
1H51G4	1	"	"	perle	Vaisselle plate, raccord possible avec 1H51M3-2
1H5135-1	44*	"	"	"	Petit vide-tasses, motif chinois peint en bleu sous la glaçure (dépotoir)
1H51K2-4	9*	"	"	"	Théière, pressée-moulée, à l'extérieur du bâtiment
1H51M3-1	77*	"	"	"	Vide-tasses à cannelures, peinture polychrome (dépotoir)
1H51M3-2	64*	"	"	"	Moule à muffins à bordure festonnée, bleu sous la glaçure (dépotoir)
1H51M3-7	2*	CEW-RED			Récipient, probablement une terrine à lait ou un bol à mélanger

récipient pour conserver la nourriture ou des liquides et le dernier, un récipient de préparation de la nourriture. Bien que l'on ait trouvé également des fragments de ce dernier dans l'atelier, nous ne croyons pas que l'on faisait la cuisine à la forge. La forme d'un objet ne correspond pas nécessairement à sa fonction et comme nous n'avons découvert aucun autre objet qui puisse nous indiquer que le bâtiment servait également de domicile, nous devons présumer que le forgeron habitait ailleurs, peut-être dans le bâtiment mi-souterrain d'à côté et qu'il apportait sa nourriture au travail.

Les huit objets de table sont les suivants: un article de faïence à pâte crème, peut-être une tasse; un objet en faïence à pâte perle, pressée-moulée, probablement une théière peinte; trois assiettes -- une assiette en faïence à pâte crème ordinaire, une en faïence à pâte perle à bord festonné et une assiette à pâte perle à motif décalqué; et trois bols en faïence à pâte perle -- un bol à peinture polychrome cannelé (fig. 9), l'un peint en bleu sous la glaçure (fig. 10) et un bol probablement peint. Tous ces objets ont vraisemblablement été fabriqués avant 1810.

Quatre objets, représentant 86 pour cent des tessons de céramique découverts dans la fouille, ont été trouvés dans le tas de déchets

9 Bol cannelé en faïence à pâte perle, peinture polychrome sous la glaçure, fabriqué vers 1785-1805, Angleterre, 1H51M3-1. (Photo: R. Chan.)



10 Bol en faïence à pâte perle, peinte en bleu de cobalt sous la glaçure, avec des motifs chinois, fabriqué vers 1785-1805, Angleterre, 1H51J3-1. (Photo: R. Chan.)

portant le numéro 5 sur la figure 2. Un autre objet, légèrement brûlé, a été trouvé dans le tas de scories portant le numéro 4 sur la figure 2. Ensemble, ces objets constituent la moitié des objets et 89 pour cent des tessons de céramique provenant de la fouille. Un des objets, la théière, a été trouvé à l'extérieur du bâtiment dans le coin nord-est de la fouille et constitue un document isolé sans lien avec les objets de la boutique. Le récipient en grès appartient à la zone autour de l'établi. Pour ce qui est des autres objets et des tessons non caractéristiques, ils proviennent du secteur domestique de la boutique ou lui appartiennent. Dans certains cas les tessons trouvés le long du mur sud intérieur de la boutique se raccordent avec des morceaux découverts à l'extérieur du mur ouest de la forge, ce qui indique que la zone qui longe le mur sud était une zone de dépôt primaire et que l'amas de déchets de l'angle nord-ouest contenait des matériaux provenant de la boutique.

Suivant le système de classification et de catégorisation économique des céramiques de George Miller, où les prix des divers types de céramique ont comme étalon le prix de la faïence à pâte crème ordinaire, cette collection, a au total un indice de valeur d'environ deux (Miller 1980). Bien que le nombre de récipients de la boutique soit trop petit, compte tenu de la durée d'existence de l'atelier, pour que le système soit appliqué de façon rigoureuse, l'on peut dire que l'acheteur aurait sans doute dépensé la moitié de cette valeur s'il s'était procuré uniquement de la faïence à pâte crème. De plus puisqu'il s'agit d'un secteur de travail, théoriquement, le forgeron aurait dû se servir d'une vaisselle de qualité inférieure à celle des articles de table habituels.

À l'époque et à l'endroit qui nous intéressent, le forgeron occupait un rang social situé entre la bourgeoisie et la haute bourgeoisie (R. Allen 1979: comm. pers.), et la collection de céramique de la boutique confirme cette constatation. En revanche, il faudrait appliquer le système de catégorisation de Miller à tous les bâtiments civils du site pour obtenir un classement par rang social. Par exemple, quels sont les bâtiments susceptibles d'avoir appartenu au cercle mondain d'Askin et lesquels appartenaient au petit commerçant? Quelles sont les différences entre les objets trouvés dans les ateliers ou autres? Malheureusement, on n'a fouillé que 2 des 15 bâtiments civils, 13 des 26 bâtiments mi-souterrains et un seul atelier d'artisan.

Verre (tableau 4)

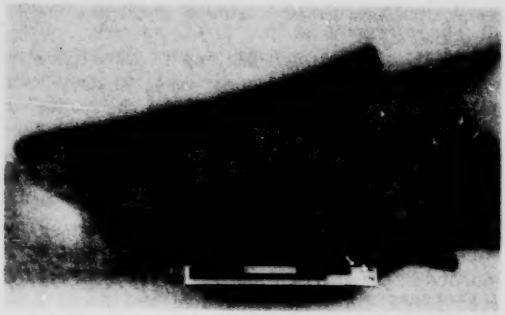
Un nombre minimum de 15 récipients dont deux verres de table, deux récipients à alcool, trois fioles de spécialité pharmaceutique et huit récipients à aliments secs ont été trouvés lors des fouilles de la forge. La plupart des tessons récupérés (70 %) et un pourcentage élevé des objets (40 %) provenaient de deux amas situés dans l'angle nord-ouest extérieur du bâtiment. Ces deux amas portent les numéros 5 et 6 sur la figure 2. Une partie du verre de ces amas était éparpillée le long du mur nord extérieur.

La plus grande partie du verre de table ou des tessons provenant sans doute de verres de table (83 %) a été trouvée dans les deux amas de l'angle nord-ouest du bâtiment ou ça et là le long du mur nord. Un des objets, peut-être un verre à vin, qui comprend 9 pour cent des tessons de verre de table, a été découvert dans la partie sud de la subdivision D et peut être associé au secteur domestique de la boutique. Le reste du verre de table était éparpillé partout dans la boutique sauf que dans la subdivision E nous n'avons relevé que deux tessons. L'on ne sait pas très bien quel était l'usage du verre de table. Nous n'avons pas pu déterminer de dépôt principal car le verre était éparpillé partout dans la boutique et les morceaux ne s'agençaient pas les uns avec les autres. Il est possible que les objets complets aient été utilisés comme articles de table ou aient eu des usages secondaires, mais tant que nous serons incapables de les reconstituer, nous ne pourrons pas répondre à cette question. Cependant, le verre à vin semble avoir été utilisé comme tel.

À la zone entourant l'établi et la forge, nous associons 18 pour cent des tessons et 33 pour cent des objets. Les objets sont soit des récipients à aliments secs ou des fioles de spécialité médicale. Ces fioles n'étaient probablement pas utilisées pour conserver des aliments secs ou des produits pharmaceutiques mais pour garder des lubrifiants, des fondants et des acides. Nous adoptons cette hypothèse

Tableau 4. Distribution des tessons de verre de récipients et de table * Un seul objet

Provenance	Tessons	Description et commentaires
1H51A2	1	Verre au plomb incolore, non caractéristique
1H51A2	3	Verre de récipient vert pâle, non caractéristique
1H51A3	1	Verre au plomb incolore, non caractéristique
1H51A4	2	Tessons vert pâle, appartenant probablement à un récipient brûlé
1H51C2	1	Verre au plomb incolore, non caractéristique
1H51C2-23	26*	Récipient vert foncé, boisson; emplacement probable à l'extérieur dans le dépotoir; peut représenter plus d'une bouteille. Raccords possibles: C2(13), D2(2), F2(7), F4(1), G4(1), J4(1), K5(1). Aucun raccord croisé. Le seul récipient en verre vert foncé de la boutique. Aucune forme en double.
1H51C2-24	3*	Récipient à aliments secs, incolore, verre au plomb carré, chanfreins échancrés
1H51D1	8	Récipient incolore, verre au plomb, non caractéristique
1H51D2-38	1*	Récipient incolore, verre au plomb, rollet, probablement une fiole
1H51D2-39	20*	Verre au plomb incolore, verre de table, verre à vin possible; raccords: D1(2), E2(2)
1H51G2	5	Verre au plomb incolore, non caractéristique
1H51G2-31	18*	Récipient à aliments secs ou à moutarde, verre au plomb vert pâle, probablement usage secondaire; raccords croisés: B2(1), D2(1), G1(2), G2(6), G4(1), G5(1), K4(2)
1H51G3-44	15*	Verre au plomb incolore, bouteille Balsam of Life de Turlington, en forme de violon, usage secondaire; raccords croisés: A3(6), B2(2), G3(6), H2(1) restes d'environ le tiers (1/3) d'une bouteille
1H51G4	2	Verre au plomb incolore, non caractéristique
1H51G4-14	41*	Récipient vert, octogonal, à aliments secs ou à médicament. Usage secondaire. Raccords croisés: D2(2), G2(21), G4(18). Pontil de canne.
1H51G5	2	Verre au plomb incolore, non caractéristique
1H51H1	1	Rebord de verre au plomb incolore non caractéristique
1H51H2	4	Verre au plomb incolore, non caractéristique
1H51H2-30	2*	Récipient à aliments secs vert pâle, usage secondaire
1H51J1	1	Verre au plomb incolore, non caractéristique
1H51J2	1	Récipient en verre au plomb, non caractéristique
1H51J2-8	22*	Récipient vert pâle, verre au plomb, chanfreins échancrés, usage secondaire. Raccords croisés: J2(6), J3(6), M2(6), M3(4). Provenant du dépotoir
1H51J3	2	Verre au plomb incolore, non caractéristique
1H51J4	2	Verre de table au plomb incolore, une bordure, un tesson brûlé, non caractéristique
1H51J5-9	8*	Récipient en verre au plomb incolore. Bouteille carrée, chanfreins plats. Dépotoir
1H51K2	8	Verre au plomb incolore, non caractéristique
1H51K2-10	5*	Essence de menthe poivrée, verre au plomb incolore, usage secondaire
1H51K4	2	Verre au plomb incolore, non caractéristique
1H51L2	1	Verre au plomb incolore, non caractéristique
1H51L2-2	11*	Récipient de verre ambré, boisson ou eau minérale. Stries verticales sur le col produites par un moule primaire. Le moule secondaire était un moule à immersion. Probablement français ou de l'Europe continentale. Bien patiné.
1H51L3	17	Verre au plomb incolore, non caractéristique
1H51L3	14	Récipient en verre au plomb incolore. Comprend deux tessons avec lèvres repliées vers l'extérieur, à bord plat. Non caractéristique.
1H51M2	27	Verre au plomb incolore, non caractéristique; raccords: 1H51K2(1), dépotoir
1H51M2	26	Récipient en verre au plomb incolore. Comprend une lèvre repliée vers l'extérieur à bord plat. Non caractéristique. Dépotoir.
1H51M3	22	Bords de verres de table, verre au plomb incolore. Circonférence totale du rebord plus grande que la circonférence de la base du gobelet (voir 1H51D2-39 et 1H51M3-10). Non caractéristiques. Comprend 1 tesson 1H51K2 et 1 tesson 1H51L3 comme raccords possibles. Raccords croisés: 1H51L3(2). Dépotoir.
1H51M3	91	Verre au plomb incolore, non caractéristique
1H51M3	80	Tessons de récipient en verre au plomb incolore. Un fragment de lèvre évasée. Non caractéristiques. Dépotoir.
1H51M3-8	39*	Récipient à aliments secs en verre au plomb incolore. Bouteille carrée avec chanfreins plats. Dépotoir.
1H51M3-9	24*	Récipient à aliments secs en verre au plomb incolore. Chanfreins échancrés. Dépotoir.
1H51M3-10	7*	Base de gobelet, verre au plomb, marque de pontil et fond piqué. Diamètre du fond 6,8 cm. Dépotoir.



11 Tesson de récipient en verre ambré à col de champenoise et stries verticales provenant du moule primaire, probablement de fabrication française, 1H51L2-2. (Photo: J. Light.)

de l'usage secondaire à cause de la nature du bâtiment, de la grande quantité de ces récipients (73 % des objets de la boutique étaient composés de récipients à aliments secs ou de fioles de spécialité médicale) et de l'emplacement des objets. On se servait probablement de petites fioles pour garder des acides comme l'acide chlorhydrique ou tannique qu'on utilisait pour le nettoyage du métal, le bleuissage, le brunissement ou les fondants. On a également pu s'en servir pour conserver les lubrifiants, comme l'huile de baleine. Les gros récipients, par contre, contenaient probablement des poudres comme le borax, pour la soudure, ou des huiles comme l'huile à pied Neet pour le cuir. Le noir de fumée pour le poêle constitue une autre possibilité. Ces récipients ont pu aussi être utilisés pour des produits comme les vernis, la laque ou l'huile de lin dont on se servait dans la finition du bois mais étant donné que nous n'avons relevé aucune trace de ces substances tenaces, ce ne doit pas être le cas (Per Guldbeck 1979: comm. pers.).

Une des bouteilles à alcool était inhabituelle. Elle était de verre ambré de médiocre qualité et portait des stries verticales sur son col de champenoise (fig. 11). La collection de Parcs Canada ne comporte qu'une seule autre pièce de ce genre, provenant du fort Beauséjour. La bouteille provient probablement du continent européen, de France peut-être, et peut avoir contenu de l'eau minérale plutôt que de l'alcool (O. Jones 1979: comm. pers.). Nous ne savons pas si cette bouteille

ou l'autre bouteille à alcool avait un usage secondaire.

À l'extérieur du bâtiment, dans l'angle situé à l'extrémité sud-ouest de la fouille, nous avons trouvé deux objets, une bouteille à alcool et un récipient à aliments secs que l'on peut associer à un dépôt semblable derrière le bâtiment mi-souterrain, au sud de la forge. Le type de verre et son emplacement suggèrent cette interprétation. La subdivision F à l'ouest de la boutique contenait seulement huit morceaux de verre, tous des tessons de verre vert foncé découverts dans le sud de la subdivision. Ainsi, tout lien entre les objets de la subdivision C et ceux de la subdivision J semble bien mince. De plus, l'extrémité ouest du bâtiment mi-souterrain avait été partiellement fouillée juste avant que la boutique de forge ne soit mise au jour et nous y avons ramassé plusieurs objets de verre. Parmi ceux-ci, il y avait une bouteille à alcool vert foncé et un récipient à aliments secs en verre au plomb transparent du même genre que ceux trouvés dans la subdivision C de l'atelier du forgeron. Bien que les morceaux des deux subdivisions soient tous différents, nous n'avons pu les faire correspondre de façon concluante. Si un jour on poursuit les fouilles du bâtiment mi-souterrain, on pourra peut-être établir des liens entre les deux bâtiments (voir append. D).

Pipes (tableau 5)

La fouille comprenait seulement 38 fragments de pipes dont tous sauf un sont en argile blanche et tous sans exception sont représentatifs de la période 1790-1830. L'autre fragment de pipe provient du tuyau d'une pipe aborigène, ce qui porte à croire que le forgeron travaillait aussi pour les Indiens. La collection complète ne représente que quatre pipes d'usage courant: la pipe aborigène, pièce unique de la collection, et trois pipes en argile blanche représentées par la jointure du tuyau et du fourneau. Il n'y avait qu'un seul embout manufacturé et le rapport fourneau-tuyau est de 8:29 pour les pipes en argile. Treize fragments de pipes en argile blanche ont été trouvés à l'extérieur de la forge dont huit gisaient dans les tas de débris numérotés 1 et 5 sur la figure 2. Le reste, 35 pour cent, dont deux pipes d'usage courant, a été trouvé dans le secteur domestique de la boutique mais il est possible que certains fragments aient été ramassés à l'extérieur puisqu'ils ont été découverts avant la mise au jour des murs et n'ont pas été consignés. La seule pipe d'usage courant qui n'a pas été découverte le long du mur sud a été trouvée près de la forge et a pu appartenir au forgeron.

Ces chiffres confirment en général la présence d'un secteur domestique près du mur sud de la boutique, malgré le nombre peu élevé de fragments.

Bien que nous ne sachions pas pendant combien de temps la boutique a été occupée, la quantité des autres matériaux qu'on peut lui attribuer, et notamment 46 kg de scories, semble indiquer que la forge était très active. Le nombre de pipes associées à la boutique paraît alors peu élevé si l'on considère qu'un atelier de forgeron, d'après ce qu'on en sait, ressemblait à nos garages de campagne d'aujourd'hui. En hiver, c'était l'endroit le plus chaud du village et il y avait toujours quelqu'un pour bavarder avec le forgeron le temps que s'accomplisse le travail. Cette coutume ne semble pas s'appliquer au cas présent, car vraisemblablement la boutique appartenait à MM. Spenard, Fields, Varin et

Tableau 5. Pipes (tous les restes de pipes sont constitués de fragments)

Provenance	Nbre	Description
1H51A2	2	Tuyaux
1H51A4	2	Tuyaux (1 embout manufacturé)
	1	Fourneau (jointure du tuyau et du fourneau, fig. 5)
1H51B2	1	Tuyau
	1	Fourneau (inscription partielle TD sur le fourneau)
1H51B2-15	1	Pipe aborigène, stéatite, sculptée et percée, pipe à tuyau à cavité de raccord, grise, décorée de motifs géométriques, fragment du tuyau (fig. 5)
1H51C2	1	Tuyau
	1	Fourneau (jointure du tuyau et du fourneau avec WG) (fig. 5)
1H51C3	1	Tuyau
1H51C4	1	Tuyau (embout retravaillé, marques de dents)
1H51D4	1	Fourneau
1H51D5	2	Tuyaux (1 réparation)
1H51E1	1	Tuyau
1H51E5	1	Tuyau
1H51G2	1	Tuyau
1H51G4	1	Fourneau (taches de fumée)
1H51G5	2	Tuyaux
1H51H2	3	Tuyaux
	1	Fourneau (jointure du tuyau et du fourneau avec WG)
1H51H3	1	Tuyau
1H51H5	1	Tuyau
1H51J2	2	Tuyaux
1H51J4	1	Tuyau
	2	Fourneaux
1H51K2	1	Tuyau
1H51K5	1	Tuyau
1H51M2	3	Tuyaux
1H51M3	1	Tuyau

Pelladeau. Nous savons qu'il y avait un forgeron du ministère des Indiens au fort et il se peut que la Compagnie du Nord-Ouest ait eu sa propre forge également. Dans ce cas, la boutique de Spenard, Fields, Varin et Pelladeau a probablement eu du mal à subsister et c'est peut-être là l'origine du différend qui opposait James Fields à Louis Dufresne, car il ne fait pas de doute qu'un forgeron établit des contacts d'affaire utiles mais comme Dufresne n'était pas autorisé à négocier avec les Indiens, le fait qu'il se soit servi de son poste pour se livrer à des activités illégales a dû grandement irriter Fields qui n'était pas soumis à pareille contrainte. Cette attitude explique peut-être également la rareté relative des clients à la boutique de Fields et par voie de conséquence, le nombre peu élevé de pipes qui s'y trouvent. Naturellement, il se peut que le manque de jovialité du forgeron n'ait pas encouragé les clients à rester bavarder pendant son travail. Quelle qu'en soit la raison, les pipes sont rares et particulièrement communes.

Quincaillerie de bâtiment (tableau 6)

À part le nombre relativement élevé de fragments de charnières dans la zone entourant l'établi, provenant peut-être de volets fixés aux fenêtres situées au-dessus de l'établi, la quincaillerie de bâtiment ne livre aucun renseignement sur la structure de la boutique. Comme le bâtiment même a pu être déménagé du site, il n'y a là rien de remarquable. Les vestiges de quincaillerie dans la boutique tirent tous leur origine de clenches, de serrures ou de pentures brisées devant être réparées ou en cours de réparation. Quarante-quatre pour cent de ces objets sont dans le coin intérieur nord-est du bâtiment où se trouve le dépôt de déchets et un bon 58 pour cent se situent dans la zone de travail de la forge. Les objets de la figure 12 représentent les réparations de la quincaillerie de bâtiment effectuées par le forgeron en sa qualité de serrurier.

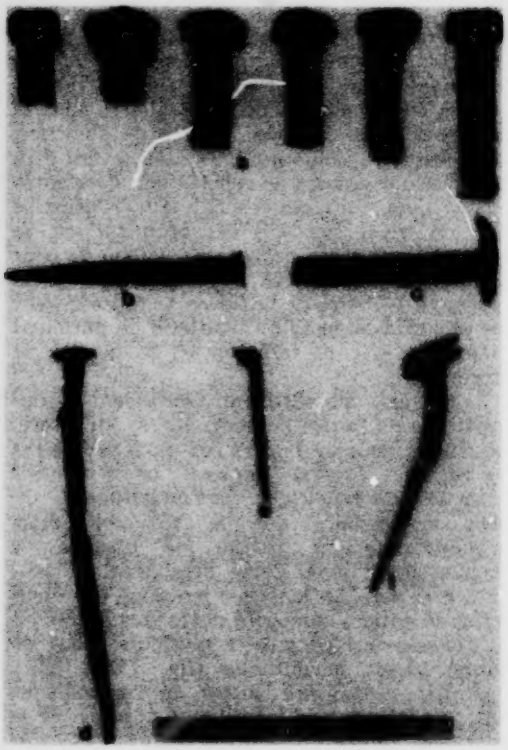
Les clous du bâtiment fournissent également peu de renseignements sur sa structure. Les clous, pour la plupart des clous ordinaires à rosace, forgés, étaient uniformément répartis tout autour des murs du bâtiment. On peut en déduire que le bâtiment était vraisemblablement revêtu de planches à recouvrement mais cette hypothèse ne peut être vérifiée. La longueur moyenne des clous à rosace entiers corrobore cette conclusion.

Nous avons découvert plusieurs clous de forme plutôt inhabituelle (fig. 13) à trois endroits, c'est-à-dire autour de l'enclume et dans les deux tas de ferraille du côté est de la boutique. Apparemment, ils ont été fabriqués par le forgeron mais nous ne connaissons pas

Tableau 6. Distribution de la quincaillerie de bâtiment

1H51A2-36	Plaque de loquet, incomplète, appartenant probablement à un volet (3,2 x 1,5 cm)
1H51A9-27	Fragment de charnière; 1 charnon (2,1 x 2,2 cm)
1H51B2-39	Fragment de charnière; 1 charnon (2,3 x 2,4 cm)
1H51D2-26	Entrée de serrure à garnitures (6 x 4,3 cm)
1H51E1-7	Montant de support à cliquet pour volet (12,6 x 1,1 x 0,7 cm)
1H51E2-40	Auberon de verrou à pêne rond (1,8 x 1,2 cm)
1H51E2-46	Fragment de crochet de loquet (12,3 x 3,6 cm)
1H51F2-13	Crochet de loquet (8 cm de long)
1H51F2-14	Fragment de penture décorative, 1/2 pendeloque provenant probablement d'une penture de porte
1H51G1-17	Fragment de penture décorative (9 x 3,8 cm)
1H51G3-29	Fragment de charnière, décoration ovale
1H51G3-30	Fragment de charnière, 1 côté complet, 3 trous de fixation (5,1 x 3,5 cm)
1H51G3-31	2 fragments de charnière (2,2 x 2,3 cm) (1,5 x 1,6 x 1,8 cm)
1H51G5-12	Charnière, 2 charnons et une broche (2,6 x 5,7 cm)
1H51H2-21	Clef de serrure à garnitures (13,3 cm de long)
1H51H2-22	Tenon-guide (9,5 x 2,6 cm)
1H51H2-25	Crochet de loquet (10,7 cm de long)
1H51J9-8	Penture double, 6 trous de fixation de chaque côté, servant probablement de penture à meubles, complète, déformée (20,1 x 3,1 cm)
1H51K9-9	Pêne de loquet avec rivet, incomplet
1H51K9-14	Ressort de serrure à garniture, incomplet (9,6 x 1,3 cm)
1H51K9-15	Plaque de guide de serrure (9,5 x 9,1 cm)
1H51K5-20	Pêne de serrure à garnitures, brasé (12,6 cm de long)
1H51K5-28	Broche de charnière avec 2 fragments de charnon (10,7 cm de long)
1H51L3-12	Clé brute (9,2 cm de long)
1H51L3-16	Oeil de penture et partie de tige, incomplet, cassé à partir du troisième trou de fixation, probablement une penture de porte (13 x 3,2 x 2,3 cm)

12 Pièces de quincaillerie de bâtiment réparées: a) verrou à coulisse -- la tête a été refixée à la tige par brasage, 1H51K5-20; b) clef brute, 1H51L3-12. (Photo: R. Chan.)



13 Clous: a) six clous en T à tige carrée -- les têtes ont toutes été rapportées et les tiges coupées à chaud, 1H51E2-35; b) clou pointu sans tête à tige rectangulaire effilée, 1H51A4-17; c) tête carrée, plate, surdimensionnée et tige carrée ronde à la partie coupée à chaud, 1H51E2-33, d) clou à rosace à tige torsadée, 1H51D1-4; e) clou pointu à tête en L et à tige rectangulaire, 1H51D2-11; f) clou pointu à tête carrée, plate, surdimensionnée et à tige carrée, 1H51A2-22. (Photo: R. Chan.)

leur utilité. Il est possible, cependant, que les clous à tête surdimensionnée aient servi pour le cuir ou pour la décoration. Au moins un clou, un clou à rosace courant, à la tige tordue, était sans conteste le produit d'un moment d'inattention de la part du forgeron (fig. 13d).

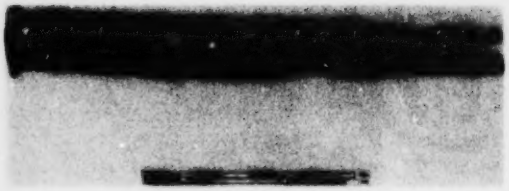
Outils

Limes (tableau 7)

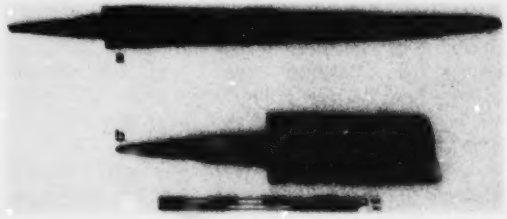
La forge comptait 37 limes ou fragments de limes dont une seule, une lime à bouter douce, à taille double, était complète. Les autres étaient soit brisées, soit transformées. Parmi les limes, nous notons les nombreux types suivants: à taille simple, à taille double et à râpe; douce, demi-douce, bâtarde, rude ou à dégrossir; triangulaire, plate, à couteau ou demi-ronde.

Tableau 7. Limes -- dimensions hors tout

1H51A4-6	Râpe plate, bâtarde, à bords rudes à taille simple, brisée, 2,9 x 2,1 x 0,9 cm
1H51A2-6	Lime triangulaire à double taille, douce, retravaillée avec une partie de la queue, 4,9 x 0,7 x 0,7 x 0,6 cm (a pu être une lime à couteau)
1H51B2-7	Lime triangulaire à double taille, douce, avec pointe circulaire retravaillée, 3,5 x 0,7 x 0,7 x 0,7 cm
1H51B2-35	2 limes rondes: 1) à taille non identifiable, 3,8 x 0,5 cm; 2) à taille brisée non identifiable, 3,8 x 0,5 cm
1H51C2-2	Râpe demi-ronde, à dégrossir, retravaillée, 9,3 x 2,5 x 0,6 cm
1H51C2-3	Lime bâtarde, plate, à taille simple, pointue, retravaillée, 2,3 x 1,7 x 0,5 cm
1H51C2-4	Lime triangulaire à double taille, douce, avec queue; brisée à la lame: 11,8 x 0,9 x 0,9 x 0,9 cm, longueur de la queue 5 cm
1H51C3-3	Lime triangulaire avec arêtes taillées en biseau, à double taille, douce, retravaillée, bouts brisés, 6,6 x 0,8 x 0,8 x 0,8 cm
1H51D2-4	Lime plate pointue à double taille, demi-douce, coupée à chaud à un bout et brisée à l'autre bout, 6 x 2,5 x 0,7 cm
1H51D2-5	Lime plate pointue, à double taille, demi-douce; pointe et partie de la lame brisées; 5,5 x 1,7 x 5 cm
1H51D2-6	Râpe plate pointue, bâtarde, à bords rudes, à taille simple, brisée, 3,5 x 1,6 x 0,6 cm
1H51D2-7	Lime plate, à double taille, demi-douce, avec queue, brasure sur les asperités et sur le bout brisé, 9,4 x 2,2 x 0,5 cm
1H51D2-31	Deux queues de limes coupées à chaud: 1) 6,5 x 1,6 x 0,8 cm; 2) 5,3 x 1,3 x 0,6 cm
1H51E2-6	Lime triangulaire à double taille, demi-douce, coupée à chaud à un bout et brisée à l'autre, 6,1 x 1,2 x 1,2 x 1,2 cm
1H51E2-7	Lime plate retravaillée, à taille non identifiable, 10,2 x 2,6 x 0,6 cm
1H51E2-8	Lime bâtarde plate à taille simple, retravaillée, déformée, 5,6 x 2,5 x 0,9 cm
1H51E2-9	Lime à couteau, à double taille, douce, partie de lame, coupée à chaud, 2,3 x 0,8 x 0,8 x 0,7 cm
1H51E2-10	Lime demi-ronde bâtarde à double taille, retravaillée, déformée, 5,5 x 2,6 x 0,7 cm
1H51E2-11	Deux morceaux de bouts de métal soudés ensemble, dont l'un au moins appartenait à une lime à taille non identifiable de forme irrégulière; 8,6 x 2,1 x 0,9 cm
1H51E2-47	3 limes plates toutes retravaillées: 1) 13,3 x 2 x 0,6 cm, à taille non identifiable; 2) 9,3 x 2 x 0,8 cm, à taille non identifiable; 3) à double taille, rude, 2,9 x 2,1 x 0,6 cm
1H51E3-4	Lime ronde, retravaillée, déformée, à taille non identifiable, 6,1 x 1 cm
1H51E3-5	Lime plate à double taille, demi-douce, brisée, retravaillée, 3,8 x 2,7 x 0,7 cm
1H51E4-1	Râpe demi-ronde, rude, brisée, fragment de lame, 1,8 x 2,3 x 0,7 cm
1H51F2-12	Lime plate pointue, demi-douce, à taille simple sur une face, double taille sur l'autre face; lame coupée à chaud; 3,1 x 2,7 x 0,3 cm
1H51G2-2	Lime plate à double taille, rude, coupée à chaud à un bout et brisée à l'autre, 7,5 x 2,3 x 0,7 cm
1H51G3-10	Lime plate, à double taille, demi-douce, coupée à chaud à une extrémité et brisée à l'autre, 2,7 x 2,2 x 0,6 cm
1H51G5-1	Lime plate bâtarde à double taille, brisée, 2,1 x 2,1 x 0,7 cm
1H51H5-1	Lime demi-ronde, à double taille, demi-douce, à pointe arrondie, coupée à chaud, 6,2 x 1,9 x 0,7 cm
1H51J2-1	Lime à bouter, à taille simple, douce, munie d'une queue; marque radiographiée -- illisible, longueur totale 13,9 cm; largeur au col 1,6 cm (fig. 13a)
1H51J4-1	Pointe de lime demi-ronde à double taille, rude, brisée à la lame, 7,7 x 2,6 x 0,6 cm
1H51J4-2	Lime plate à taille simple, rude, retravaillée, 5,7 x 3,6 x 1,2 cm
1H51L3-2	Lime demi-ronde, à taille simple, rude, retravaillée, 5,7 x 3,6 x 1,2 cm
1H51L3-3	Peut-être lime à bouter, plate, à taille simple, bâtarde, brisée, 12,7 x 2,5 x 0,7 cm
1H51L3-1	Lime demi-ronde, à double taille, bâtarde; queue et partie de la tige brisées, 12,3 x 2,7 x 0,8 cm; marquée "MV & Co" (fig. 15b)



14 Barre-levier fabriquée à partir d'une lime, 1H51G3-11. (Photo: R. Chan.)



15 Limes: a) lime à bouter avec marque illisible, 1H51J2-1; b) lime demi-ronde à double taille, brisée à la queue, portant la marque "MV & Co", 1H51L5-1. (Photo: R. Chan.)

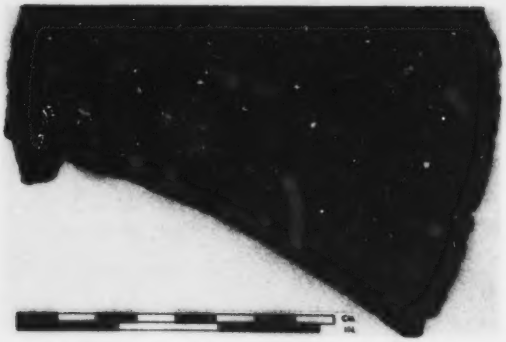
Bien entendu, les limes servaient au travail du bois et du métal ainsi qu'à la maréchalerie, et le forgeron les utilisaient pour ces travaux; mais il les considérait aussi comme de la matière première et, étant donné sa situation, les limes usées étaient certainement sa principale source d'acier de haute qualité. Soixante-huit pour cent des limes de la boutique ont été manifestement retravaillées et au moins un des outils trouvés dans la boutique, une barre-levier (fig. 14), a été fabriquée à partir d'une lime. De plus, 32 pour cent des limes de la boutique provenaient de la zone entourant immédiatement l'enclume et toutes avaient été retravaillées. Deux limes portaient des marques sur la queue (fig. 15). L'une était illisible et l'autre se lisait "MV & Co". On connaît au moins un autre exemple de lime portant la marque "MV & Co". Elle a été découverte au cours des fouilles de Edmonton House III et est décrite par Nicks (1969: 133) qui signale qu'elle est étroitement "associée à la Compagnie de la baie d'Hudson". Cette marque n'a toujours pas été identifiée, mais étant donné qu'il n'existe aucun lien entre le fort Saint-Joseph et la Compagnie de la baie d'Hudson, il est impossible de relier exclusivement cette marque à la compagnie.

Haches (tableau 8)

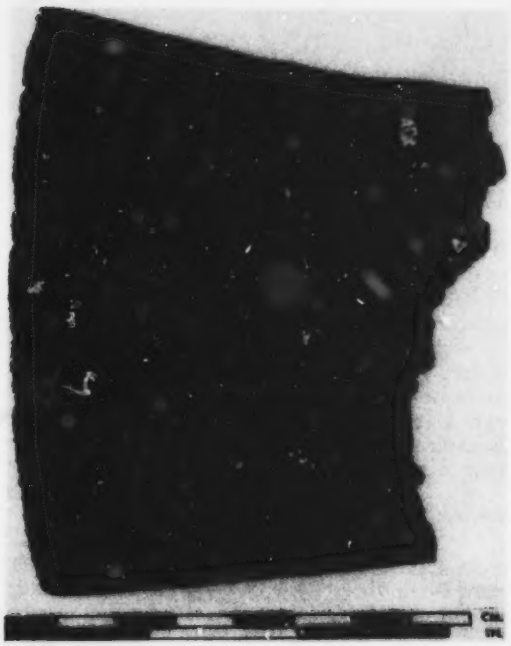
Nous avons trouvé les restes de 20 haches dans la boutique. Aucune n'était entière. La plupart de ces restes sont composés de

Tableau 8. Haches

Provenance	№	Description et observations
1H51A2-2	1	Partie de taillant enlevé. Déchet courant des haches aux taillants étirés. Si la forme est mauvaise ou si elle n'est pas bien étirée ou si le taillant est ébréché, il est retiré et étiré de nouveau.
1H51B2-4	1	Partie de taillant, enlevé.
1H51B2-5	1	Tête probable.
1H51C2-1	1	Demi-oeil de hache. Arêtes brisées. Oeil en forme d'amande de hache à simple taillant. Pas de tête. (fig. 18)
1H51C3-2	1	Taillant, enlevé. Légère déformation de la partie mince lors de l'amincissement du taillant. Une section de l'arête tranchante a été émoussée lorsque l'objet chaud a été frappé. Taillant aiguisé à la lime.
1H51D1-1	1	Taillant de lame superposé avec lingot d'acier. Fracturé longitudinalement, probablement pour avoir servi par temps très froid. (fig. 18)
1H51D2-25	2	Parties de deux taillants. Enlevés.
1H51E2-5	1	Taillant de hachette. Lame mince (8 mm). Aiguisé à la lime. Cassé longitudinalement.
1H51E3-3	1	Simple taillant. Bord tranchant. Taillant inséré. Bord d'attaque droit. Biseau s'amincissant vers l'oeil. Fracturé à la base de l'oeil. Début apparent d'oreille. Marque indéchiffrable sur la lame droite au-dessous de l'oeil. Estampage rectangulaire avec rebords écaillés. (fig. 18)
1H51E3-6	1	Demi-oeil de hache. Bords brisés. Oeil en forme d'amande de hache à simple tranchant. Pas de tête.
1H51F2-1	1	Lame et taillant. Coupé à chaud sous l'oeil. Taillant inséré. Bord tranchant. Bord d'attaque droit. Biseau s'amincissant vers l'oeil.
1H51F3-1	1	Lame et taillant. Fracturés longitudinalement au-dessous de l'oeil. Bord d'attaque courbé. Biseau droit. "D" estampillé sur la lame gauche près du taillant. (fig. 18)
1H51G3-9	1	Lame et taillant. La lame, juste au-dessous de l'oeil, a été comprimée, ce qui semble être la cause de la fracture. Bord tranchant. Taillant inséré. Bord d'attaque droit, biseau s'amincissant vers l'oeil. (fig. 18)
1H51G3-27	1	Fragment fortement déformé du tiers (1/3) oeil et segment de lame d'une hache à feuillard replié. Les trois bords extérieurs ont été coupés à chaud. La lame et le fragment de l'oeil ont été comprimés par suite du travail à chaud du métal.
1H51G3-11	1	Taillant. Enlevé. Bord tranchant déformé par une tentative d'amincissement.
1H51H2-3	1	Partie de taillant. Enlevé.
1H51H2-4	1	Partie de taillant. Fracturé à la lame longitudinalement et au biseau. Bord tranchant. Taillant inséré.
1H51K3-3	1	Taillant. Enlevé en vue d'un nouveau forgeage.
1H51M2-1	1	Lame et taillant. Enlevés. Très déformés à la suite d'un essai d'amincissement. Marques provenant de l'enclume et du marteau visibles sur les côtés de la lame. Bord tranchant.



16 Hache à simple taillant en feuillard replié avec partie d'oreille — marque indéchiffrable figurant à l'intérieur d'un rectangle à bords dentelés se trouvant sur la lame près de l'oeil, 1H51E3-3. (Photo: G. Vandervlugt.)

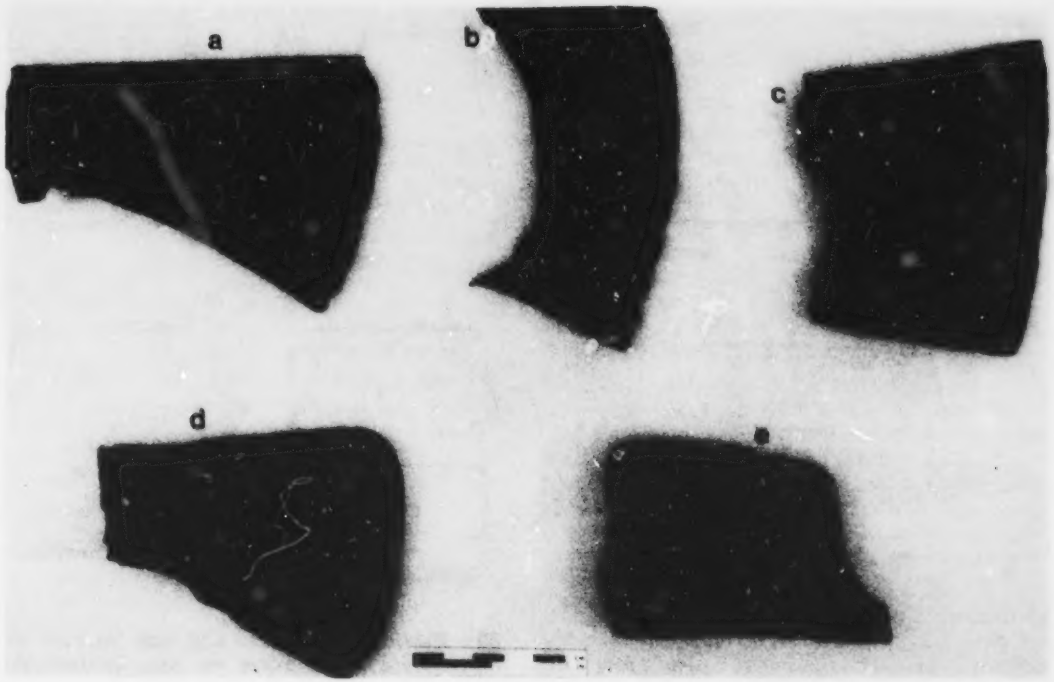


17 Hache à simple taillant faite d'un feuillard replié avec taillant inséré portant la marque "D", 1H51F5-1. (Photo: G. Vandervlugt.)

taillants enlevés à la lame (fig. 19; 20d, 20e et 21f). Il s'agit d'un objet de rebut fréquent découlant de la réparation des haches à taillant étiré. S'il n'a pas la bonne forme ou s'il est ébréché, le taillant est enlevé et on en refait un autre. Quarante-cinq pour cent des haches de la boutique ont subi ce genre de réparations. Parmi les artefacts, nous avons également trouvé ce qui semble être une tête de hache et dont la présence indique que le forgeron effectuait des réparations d'une toute autre nature. Cette tête avait été façonnée mais pas encore appliquée à la hache (fig. 21c); ce qui indique peut-être que le forgeron modifiait les haches sur demande pour les rendre plus lourdes. Au moins un article semble à l'origine avoir été un objet retravaillé. Il s'agit d'une hache très déformée que le forgeron semble avoir martelée pour en faire une nouvelle matière brute (fig. 21a, b).

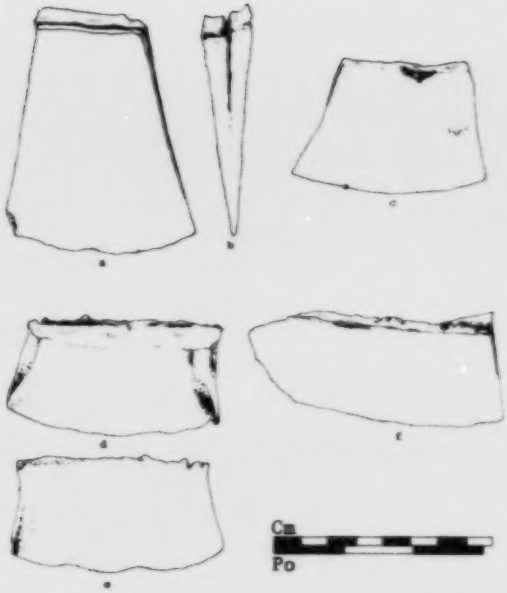
Les autres haches (fig. 18) sont toutes fendues. Selon les résultats de l'analyse (Unglik 1984, dans le présent ouvrage), les fractures sont dues à la friabilité du métal lorsqu'il est soumis à des froids extrêmes et cette friabilité est également imputable au mode de forgeage. Lorsqu'elles se cassaient en hiver, les haches étaient ramenées à la boutique pour y être réparées. Une des haches (fig. 18d), qui avait été traitée à chaud après le forgeage original, avait été réparée par un forgeron avant de se briser. Il y a lieu de croire que le taillant original avait été enlevé et l'arête tranchante refaçonnée et traitée à chaud. Par contre, comme il restait très peu d'acier et que l'essai de durcissement avait échoué, le taillant était relativement mou et s'était émoussé à l'usure.

Deux des haches portaient une marque (fig. 16 et 17), mais nous n'avons pu en déchiffrer qu'une seule, un "D". Il s'agit peut-être de la marque de Louis Dufresne, forgeron du ministère des Indiens au fort Saint-Joseph, mais comme la forge du ministère des Indiens n'a pas été fouillée et que nous ne connaissons aucun autre exemple de cette marque, notre hypothèse ne peut être confirmée. Et même s'il s'agissait de la marque de Dufresne, la boutique n'était pas la sienne car si de toute évidence le forgeron réparait les haches, rien ne prouve qu'il en fabriquait. Si le forgeron avait également fabriqué des haches, nous aurions retrouvé des pièces de rebut, des fragments de têtes taillées, des moules à oeil et les entailles cornières que l'on fait avant d'in-



18 Eclats de haches: a) hache à simple taillant faite d'un feuillard replié avec partie d'oreille et marque indéchiffrable, 1H51E3-3; b) hache de feuillard replié avec taillant probablement inséré, 1H51D1-1; c) hache de feuillard replié, à simple taillant inséré -- portant la marque d'un "D" sur le dos, 1H51F5-1; d) hache de feuillard replié à simple taillant probablement inséré -- déformée par le travail à chaud juste au-dessous de l'oeil, 1H51G3-9; e) moitié d'oeil en forme d'amande de hache de feuillard replié à simple taillant, sans tête, 1H51C2-1. (Photo: G. Vandervlugt.)

19 Taillants de haches. Tous les taillants ont été détachés des lames avant le reforgeage du taillant: a) 1H51A2-2; b) 1H51B2-4; c) 1H51D2-25; d) 1H51D2-25; e) 1H51G5-11; f) 1H51C3-2; g) 1H51K5-5. (Dessin: P. Handy.)

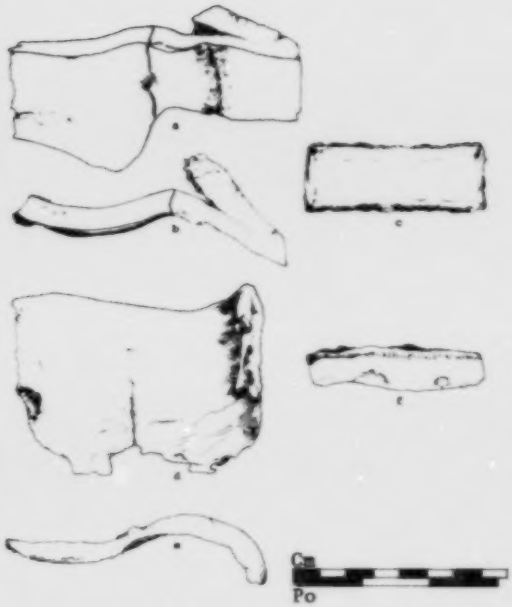


20 Parties de haches: a,b) vue latérale et d'extrémité d'une lame et d'un taillant de hache -- la vue d'extrémité montre la ligne de soudure typique d'une hache de feuillard replié -- la lime a été coupée à chaud à partir de l'oeil, 1H51F2-1; c) lame et taillant d'une hache mince, probablement d'une hachette dont la lame a été cassée, 1H51E2-5; d,e) vue de face et de dos d'un taillant de hache déformé lors d'un essai d'amincissement et finalement détaché de la lame, 1H51M2-1; f) taillant de hache -- le taillant a été fendu mais ne s'est pas détaché de la lame, 1H51H2-4. (Dessin: P. Handy.)

sérer le taillant (L. Ross 1979: comm. pers.), mais nous n'avons relevé aucun de ces objets. Seulement deux des subdivisions étaient dépourvues de fragments de haches et plus de la moitié (53 %) des haches ont été découvertes dans la zone de travail de la forge.

Autres outils

Les autres outils de la boutique peuvent être divisés de façon pratique en deux catégories: les outils utilisés par le forgeron et les outils qui semblent avoir été apportés au forgeron pour réparation. Ces derniers comprennent trois maillons de chaîne, quatre morceaux de pelles et quatre coins, mais également un harpon à rat musqué ou à esturgeon, une emmanchure de houe et un ciseau probablement de maçon (fig. 22). Deux fragments de têtes de marteau proviennent d'outils qui ont pu être utilisés par n'importe qui mais le forgeron en était vraisemblablement le propriétaire. Ceci est également vrai pour la barre-levier fabriquée à partir d'une lime. Seuls plusieurs poinçons, un taraud, une paire de tenailles à feu et un ciseau à chaud (fig. 23) appartenaient sans contredit au forgeron. Nous n'avons trouvé qu'un seul outil inhabituel. Il s'agit du taraud, probablement un taraud d'armurier, de fabrication grossière qui a pu être fait à la forge.



21 Parties de haches: a,b) oeil déformé et partie de lame de hache de feuillard replié -- les bords ont été coupés à chaud et le forgeron avait apparemment martelé ce morceau pour en faire un lopin, 1H51G3-27; c) tête possible, coupée mais non encore fixée à la hache, 1H51B2-5; d,e) vue intérieure et d'extrémité d'un oeil en forme d'amande provenant d'une hache de feuillard replié -- l'objet s'est cassé, soit à cause du froid intense ou d'une erreur de forgeage, 1H51E3-6; f) taillant de hache enlevé de la lame, 1H51H2-3. (Dessin: P. Handy.)

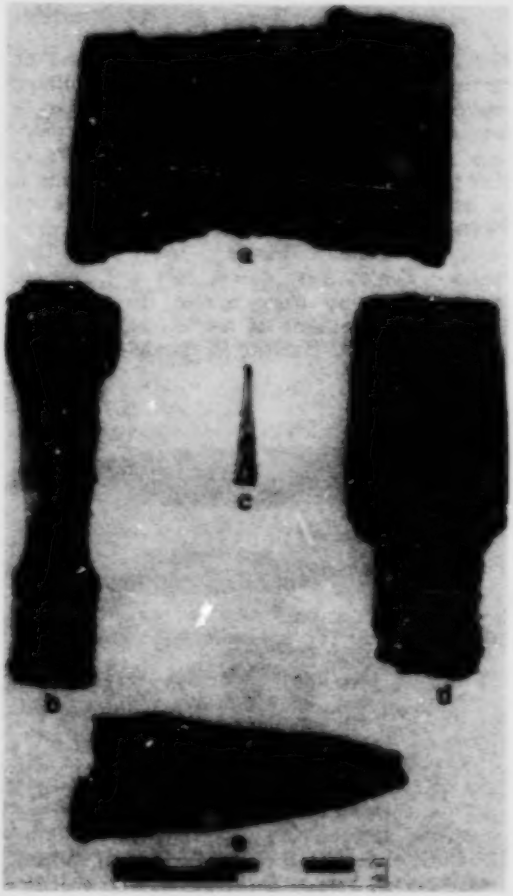
22 Outils: a) ciseau, probablement de maçon, 1H51C2-5; b) harpon à rat musqué ou à esturgeon, 1H51C2-19; c) toyère de houe provenant d'une petite houe, 1H51G3-23. (Photo: R. Chan.)

Maréchalerie (tableau 9)

Nous avons trouvé, surtout à l'avant de la boutique, des fragments de fers à cheval et de clous de fers à cheval. Le forgeron faisait également office de maréchal-ferrant mais travaillait à l'extérieur, car l'atelier était trop petit pour recevoir les chevaux. Il devait donc procéder au ferrage peut-être près de la route ou du chemin qui reliait probablement les bâtiments de la rive est de la pointe. La plupart des clous (55 %) appartiennent au tas de ferraille du coin sud-est du bâtiment. De plus, un nombre proportionnellement élevé de clous (25 %), retrouvés dans la zone de travail (E-H), suggère que le forgeron en faisait la fabrication et qu'un clou échappé sur le sol ne valait pas la peine d'être ramassé. En effet, de petits objets étaient parsemés tout autour de l'enclume et donnent à penser que le forgeron était négligent dans ses habitudes de travail. Les clous de fers à cheval sont tous grossiers et de forme irrégulière (fig. 24).

Sur un total de cinq fragments de fers, qui représentent au moins quatre fers différents, nous en avons recueilli trois près de l'enclume et un dans le tas de ferraille du coin sud-est de la boutique. Un des fers était un fer à poney. Trois des fers étaient munis de crampons assez longs (2, 2,3 et 2,5 cm) destinés à assurer une meilleure traction du cheval et servaient probablement pour les bêtes de trait.

Nous ne pouvons pas considérer la maréchalerie comme la principale activité du forgeron, mais la quantité d'objets retrouvés dans la boutique nous indique qu'il y avait manifestement suffisamment d'animaux sur les lieux pour occuper le forgeron à intervalles réguliers. Chose étrange, par contre, bien que



23 Outils du forgeron: a) lopin coupé au ciseau (voir "d"), 1H51B2-34; b) taraud, probablement taraud d'armurier, 1H51K4-3; c) pointe de poinçon, 1H51A2-27; d) ciseau à chaud (voir "a"), 1H51B2-8; e) tenaille de forge -- les poignées ont été détachées des tenailles, 1H51G5-2. (Photo: R. Chan.)

nous sachions pertinemment qu'il y avait des boeufs au fort Saint-Joseph (Askin 1931: vol. 2, p. 649), nous n'avons trouvé aucun fer à boeuf dans la forge.

Tableau 9. Clous de fers à cheval et fers à cheval (entre parenthèses)

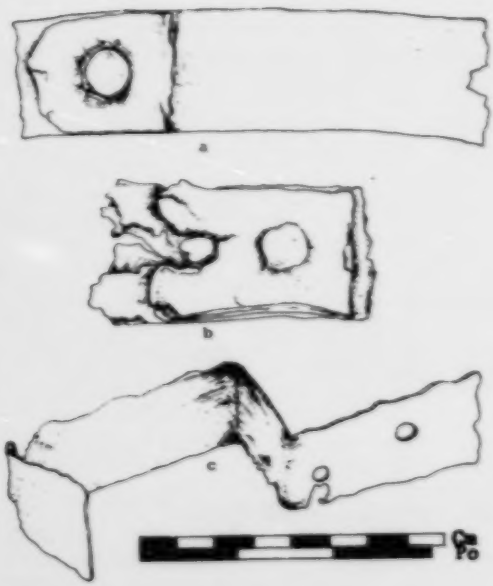
Provenance	Nbre	Description et observations
1H51A2-11	14	3 complets, 10 incomplets, 1 fragment
1H51A4-2	4(1)	1 complet, 3 incomplets, talon droit du fer, aucun pli, aucun crampon, 2 trous (1H51A4-15)
1H51A5-1	1	Complet
1H51B2-13	8	Incomplets
1H51B5-1	1	Complet
1H51C2-9	3	1 complet, 2 incomplets
1H51C3-1	1	Complet
1H51D1-3	1	Incomplet
1H51D2-1	8	2 complets, 6 incomplets
1H51D5-2	1	Incomplet
1H51E2-17	12(2)	2 complets, 10 incomplets, 2 fers à cheval (1H51E2-1 et 1H51E2-2). Les deux du côté gauche avec crampon arrière. Un fer partiellement retravaillé.
1H51E3-1	2(1)	Complet, 1 fer à cheval (1H51E3-12); crampon arrière gauche et partie du fer.
1H51G1-7	1	Complet
1H51G2-4	2	1 complet, 1 incomplet
1H51G3-13	2	1 complet, 1 préformé avec tête difforme, pas encore formée pour s'adapter au pli; la préforme de tête est carrée.
1H51G5-5	1	Incomplet
1H51H1-9	2	1 complet, 1 incomplet
1H51H2-10	1	Complet
1H51J2-3	(1)	Crampon du côté droit et partie de fer, pli, aucun trou
1H51K3-10	1	Incomplet
1H51L3-6	1	Complet

La longueur des clous de fers à cheval varie de 4,3 à 6,8 cm mais la plupart mesurent entre 5,2 et 5,6 cm. Bien que chaque clou, fabriqué à la main, soit unique, tous se conforment à la description suivante. Tête: simple élargissement ou épaississement de la tige -- derrière de la tête parallèle à la tige -- dessus effilé de l'avant à l'arrière. Tige: rectangulaire, plate, effilée. Pointe: pointue.

24 Clous de fers à cheval fabriqués par le forgeron. (Photo: R. Chan.)

Tonnellerie

De temps à autre, le forgeron se livrait peut-être à des travaux de tonnellerie ou du moins à la réparation de cerceaux de tonneaux brisés ou rouillés. Cependant, il ne nous est pas possible d'être catégorique au sujet de cette activité car même si nous avons récupéré 94 fragments de cerceaux au cours des fouilles, 24 d'entre eux seulement sont à coup sûr des cerceaux de tonneaux. Seuls les fragments comportant des rivets, aplanis sur l'un des côtés pour s'adapter au tonneau, permettent d'affirmer à coup sûr qu'il s'agit de cerceaux. Il existe de nombreux morceaux de métal dans la boutique qui sont probablement des cerceaux de tonneaux mais nous ne pouvons pas les distinguer des autres morceaux de feuillards.



25 Cerceaux de tonneaux: a) cerceau de tonneau coupé à chaud près du rivet, 1H51A4-11; b) cerceau de tonneau coupé à chaud près du rivet, 1H51A2-10; c) revêtement d'enclumette, probablement fabriqué à partir d'un cerceau de tonneau, 1H51A2-32. (Dessin: P. Handy.)

Sur les 24 cerceaux de tonneaux qu'on a pu identifier dans l'atelier, aucun n'était entier, aucun n'était rattaché à du bois, tous étaient ferreux et presque tous (18) avaient été coupés à chaud près du rivet. Nous avons récupéré des parties de cerceaux dans toutes les subdivisions à l'exception de "J" et de "M", mais il y avait dix fragments de cerceaux dans le tas de déchets de l'angle sud-est du bâtiment, trois dans la zone de la forge et trois dans le tas de ferraille du coin intérieur nord-est du bâtiment. Comme nous l'avons mentionné plus tôt, les cerceaux ne nous ont pas renseigné sur l'emplacement de la cuve de trempe pas plus qu'ils ne nous prouvent que le forgeron effectuait des travaux de tonnellerie. Bien que le forgeron ait travaillé sur un pourcentage élevé de cerceaux, il a pu tout simplement tenter de les récupérer sur de vieux tonneaux (mis au rancart) plutôt que de faire de véritables réparations. Cette hypothèse nous est suggérée par la présence d'un revêtement d'enclumette pouvant provenir d'un cerceau de tonneau (fig. 25c). Même si à l'origine il ne s'agissait pas nécessairement d'un cerceau de tonneau, tous les feuillards de la boutique mesurent de 3 à 3,5 cm de large et le revêtement d'enclumette est de la même largeur. De plus, elle a à peu près le même calibre qu'un cerceau de tonneau.

Réparation d'articles domestiques

Le forgeron consacrait au moins une partie de son temps à réparer les petits objets domestiques pour ses propres besoins ou pour les autres membres du poste de traite des fourrures. La variété d'objets (fig. 26 et 27) trouvés autour de l'atelier, que ce soit les ferrures de meubles ou la charnière à livre, semble confirmer cette observation.

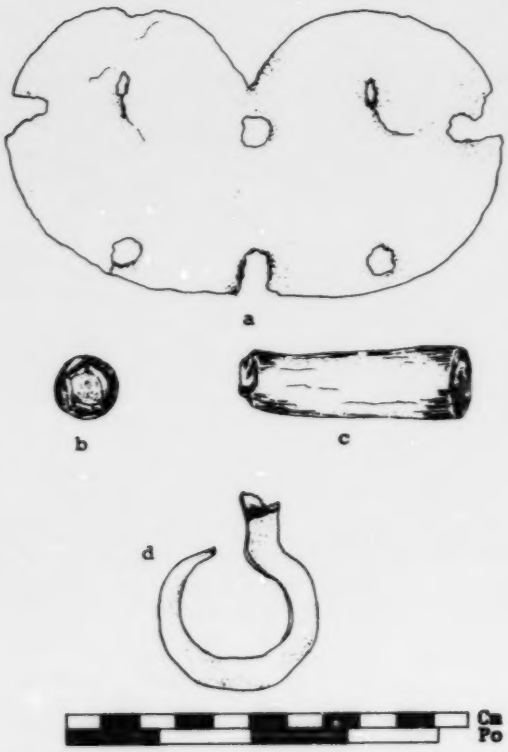
Pièges (tableau 10)

L'une des activités fréquentes de notre forgeron semble avoir été la réparation de pièges. En effet, nous avons trouvé 34 fragments de pièges dans la boutique: 19 ressorts avec oeil, 3 ressorts sans oeil, 7 montants de

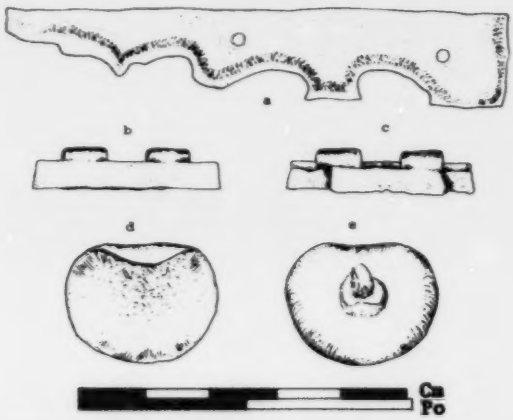
mâchoire, 2 montants de plateau, 2 mâchoires et un loquet (fig. 28 à 30). Sur ces 34 fragments, 22 avaient été coupés à chaud et 21 des 22 ressorts avaient été coupés. Les ressorts brisés étaient utilisés comme matière première (fig. 28). L'acier des ressorts servait probablement à la fabrication de ressorts neufs et, à en juger par la grosseur des entailles pratiquées dans les ressorts de pièges, les nouveaux ressorts de taille plus petite fabriqués par le forgeron étaient destinés à des fusils (voir "Armes et accessoires").

Comme nous n'avons trouvé que des fragments de pièges dans la forge et qu'aucune armature ne fait partie de la collection, nous ne sommes pas en mesure d'identifier le type de piège que réparait le forgeron. Il ne semble pas y avoir de document qui tente d'établir un lien entre la dimension des parties d'un piège et l'animal auquel il est destiné. Les hypothèses avancées sont donc fondées sur des communications personnelles avec Lester Ross de Parcs Canada à Ottawa et Charles Hanson du Museum of the Fur Trade à Chadron dans l'État du Nebraska.

Essentiellement, il existe trois tailles de base pour les pièges: les petits, les moyens et les grands. Ces catégories sont désignées par les termes vagues de pièges à rats, à castors et à ours. À ces catégories s'ajoutent un grand nombre de variantes en fonction du matériel dont dispose le fabricant et ses goûts. Ainsi la hauteur du montant de la mâchoire, par exemple, dépend de la longueur du ressort, de la taille de la courbure des mâchoires et de la



26 Articles divers "A": a) plaque de poignée de malle, 1H51C2-10; b,c) vue de côté et d'extrémité d'un morceau d'andouiller incomplet servant probablement de manche à un petit outil ou à un petit ustensile -- le bout a été taillé au couteau, 1H51J4-6; d) crochet de support queue-de-rat d'ustensile de cuisine -- la tige a été coupée à chaud, 1H51L3-11. (Dessin: P. Handy.)



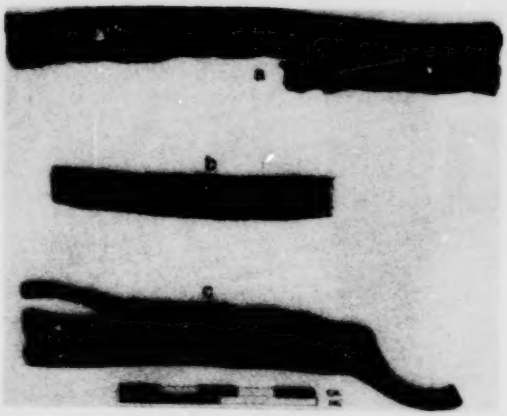
27 Objets divers "B": a) bande décorative en laiton ornée d'une gravure ondulée provenant probablement d'une boîte à bijoux, 1H51A4-2; b,c) charnière à livre en étain provenant d'une bible ou d'un grand livre, vue de face et de dos, 1H51G4-1; d,e) vue de face et de dos d'une petite poignée de tiroir possible -- un objet ferreux, probablement une vis, est incrusté dans le rebord en laiton, 1H51G3-24. (Dessin: P. Handy.)

Tableau 10. Parties de pièges (toutes les mesures se rapportent au diamètre intérieur de l'oeil)

Provenance	Nbre	Description
1H51A2-37	1	1/2 montant de mâchoire de piège complet
1H51A2-38	1	Montant standard de mâchoire de piège
1H51A4-28	1	Fragment d'oeil de ressort de piège, coupé à chaud, 2,5 cm environ
1H51A5-8	1	1/2 montant de mâchoire de piège complet
1H51B2-40	1	Oeil de ressort de piège, coupé à chaud de la tige, 2,6 cm
1H51C3-14	1	Oeil de ressort de piège, coupé à chaud de la tige, 2,2 cm
1H51C3-15	1	1/2 oeil de ressort de piège, coupé à chaud bilatéralement, environ 2,5 cm
1H51C3-16	1	Ressort de piège, oeil et tige, 2,6 cm
1H51D2-34	1	Loquet de ressort de piège
1H51E2-50	2	Ressorts de piège ou d'arme (2), apparemment des ressorts de fusil
1H51E2-51	1	2/3 d'oeil de ressort de piège, coupé à chaud en travers de l'oeil, 3,1 cm
1H51E2-52	1	1/2 oeil de ressort de piège et tige, coupé à chaud bilatéralement, 2,5 cm
1H51E2-53	1	Oeil de ressort de piège complet et partie de tige, coupé à chaud de la tige, 2,3 cm
1H51E2-54	1	Fragment de base de montant de mâchoire de piège
1H51E3-22	1	Fragment d'oeil de ressort de piège, coupé à chaud à un bout, brisé à l'autre
1H51E3-23	1	Oeil de ressort de piège et partie de tige, brisé, 2,1 cm
1H51E9-6	1	Fragment d'oeil de ressort de piège, coupé à chaud, 3,2 cm environ
1H51E2-15	3	Fragments d'oeil de ressort de piège et de tige, tous coupés à chaud dont un coupé bilatéralement, 2,8 cm
1H51F2-16	1	1/2 montant de mâchoire de piège avec 3 rivets, fragment de mâchoire coupé
1H51G1-19	1	Fragment de montant de plateau de piège
1H51G2-25	1	Fragment de mâchoire de piège avec orifice d'axe
1H51G3-32	1	Montant de plateau de piège
1H51G3-33	1	Fragment de mâchoire de piège, brisé, avec orifice d'axe
1H51G3-36	1	Montant de mâchoire de piège avec base, complet, 3 rivets, fragment de mâchoire coupé
1H51G5-13	1	Ressort de piège avec trace d'acier; probablement ressort de fusil
1H51H2-27	1	Oeil de ressort de piège et tige, fragment brisé à partir de l'oeil, coupé à chaud en travers de la tige, 2,8 cm

qualité de l'acier du ressort. Jusque vers le milieu du XIX^{e} siècle, les variations de type et de dimensions dépendaient du forgeron et de la qualité des matériaux dont il disposait (voir les illustrations de pièges dans Russell 1967). Vers la fin du XIX^{e} siècle, par contre, avec l'avènement des produits manufacturés et le déclin du forgeage en général, les pièges s'uniformisèrent davantage. Ils devinrent aussi plus petits au fur et à mesure que s'amélioraient la qualité et l'homogénéité des matériaux provenant des fonderies. Il est par conséquent inutile de consulter les catalogues de la fin du XIX^{e} siècle pour obtenir des renseignements sur la dimension des pièges du début du siècle.

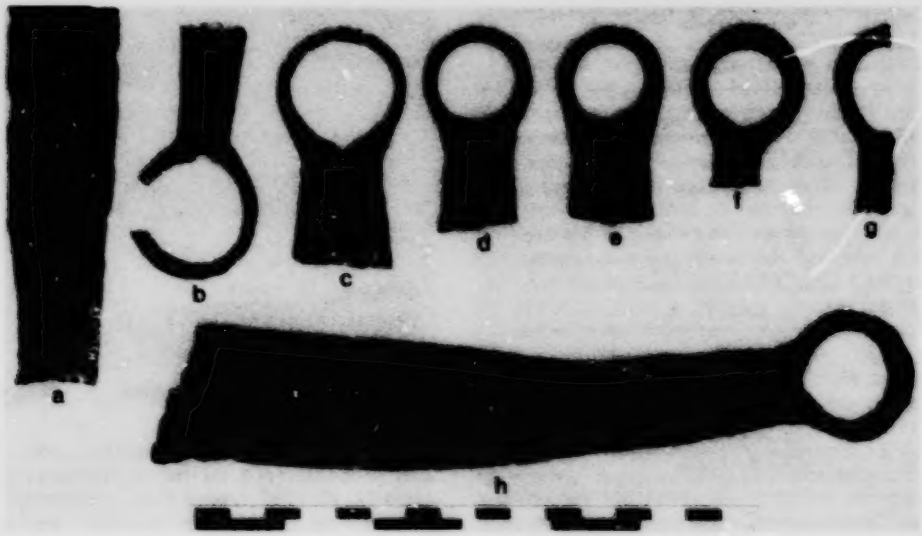
Indépendamment des changements technologiques survenus au XIX^{e} siècle, il existe néanmoins une corrélation évidente entre la grosseur du piège et l'animal piégé: un piège



28 Ressorts de pièges récupérés pour l'acier: a,b) probablement du même morceau d'acier, 1H51E2-50, "b" ressemble beaucoup à un ressort de fusil; c) ressort et portion d'oeil -- les coupures pratiquées le long du ressort sont nettement visibles, 1H51G5-13. (Photo: R. Chan.)

trop petit ou trop peu résistant ne peut retenir l'animal, un piège trop grand risque de lui briser ou couper la patte endommageant ainsi sa fourrure. Étant donné que la force de serrage du piège dépend directement du ressort, ce dernier est la pièce qui fournit les meilleurs renseignements sur l'animal piégé surtout lorsqu'on ne dispose pas du piège entier.

Tous les ressorts de pièges de la forge possèdent des yeux ou des arcs. Au moins deux des ressorts étaient à oeil double et il est possible qu'ils aient tous été à oeil double puisque c'est le modèle le plus fréquent. S'il s'agit vraiment de ressorts à oeil double, notre tâche se complique du fait que l'oeil supérieur qui glisse sur les mâchoires est toujours plus gros que l'oeil inférieur qui repose simplement sur l'armature, au-dessous du montant des mâchoires. En présence d'un seul oeil, il est donc difficile de savoir s'il s'agit de l'oeil inférieur d'un gros piège ou de l'oeil supérieur d'un piège plus petit. Si le piège a beaucoup servi, cependant, des marques d'usure apparaissent à l'intérieur de l'oeil à l'endroit où celui-ci frotte contre les mâchoires ou le montant des mâchoires. Ces marques ne devraient être visibles que sur le ressort supé-



29 Ressorts de pièges: a) ressort de piège avec une partie du coude coupé à chaud près de l'oeil, 1H51L3-17; b) oeil brisé de ressort de piège et tige coupée à chaud, 1H51H2-27; c) ressort de piège avec tige coupée à chaud, 1H51K5-29; d) oeil de ressort de piège avec tige coupée à chaud, 1H51E2-53; e) oeil de ressort de piège avec tige cassée, 1H51E3-23; f) oeil de ressort de piège avec tige coupée à chaud, 1H51C3-14; g) oeil de ressort de piège, coupé à chaud transversalement et au milieu de la tige, 1H51C3-15; h) oeil de ressort de piège et tige brisée, 1H51C3-16. (Photo: R. Chan.)

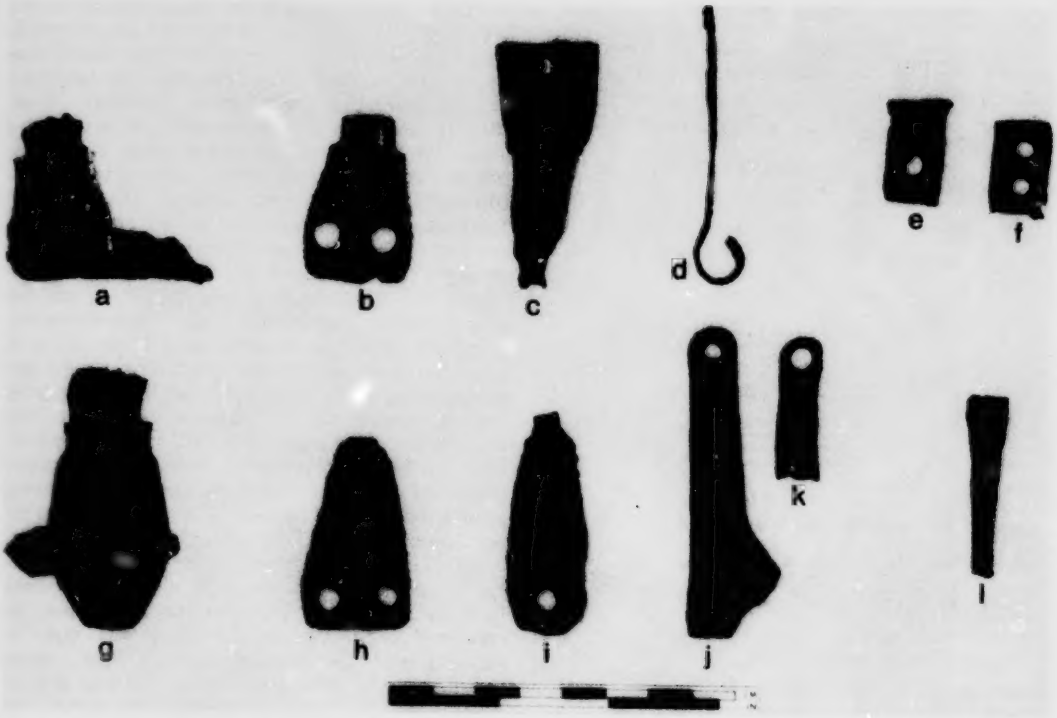
rieur. Nous avons trouvé deux ressorts dans la collection qui présentent ce qui paraît être des marques d'usure et tous deux ont un diamètre intérieur de 2,8 cm. Selon Hanson, ils proviennent probablement de pièges à castors ou du moins de pièges pour animaux à fourrure de grosseur moyenne. Donc, compte tenu des écarts normaux dans les dimensions d'un type de piège, et du fait que l'oeil supérieur est toujours plus gros que l'oeil inférieur, les yeux de ressort dont le diamètre intérieur varie de 2 à 3 cm (plus ou moins quelques millimètres) devraient provenir de pièges pour animaux à fourrure de grosseur moyenne. Tout ce qui est plus petit proviendrait alors d'un piège à rats et tout ce qui est plus gros, d'un piège à ours.

La seule faiblesse de cette hypothèse réside dans le fait que l'oeil inférieur du ressort d'un piège à ours pourrait entrer dans la catégorie des 2 à 3 cm, facteur dont il faut tenir compte lorsqu'on met cette théorie en pratique. Suivant cette hypothèse, un des pièges de l'atelier est un piège à rats, un autre un piège à ours et tous les autres sont des pièges à castors. Comme la peau du castor était celle qu'on recherchait le plus à Saint-Joseph, il est normal que la majorité des pièces des pièges trouvées dans la boutique proviennent de pièges de grosseur moyenne.

L'hypothèse que nous venons de présenter n'est qu'une hypothèse provisoire qui peut se révéler exacte ou fausse. En attendant, nous la retenons dans l'espoir qu'elle facilitera les recherches ultérieures.

Armes et accessoires (tableau 11)

À l'exception des articles mentionnés dans la section intitulée "Identification du propriétaire de l'atelier", les parties d'armes proviennent toutes de matériel non militaire ou sont d'un type indéterminé. Sur un total de 40 articles découverts dans la boutique, 32



30 Parties de pièges: a) montant de mâchoire de piège avec deux rivets et une partie de mâchoire coupée à chaud -- le montant a été forcé pour être retiré de l'armature, 1H51G3-34; b) lame simple de montant de mâchoire de piège, 1H51A2-37; c) préforme de montant de mâchoire de piège, 1H51A2-38; d) loquet de ressort de piège, 1H51D2-34; e) montant complet de plateau de piège, 1H51G3-32; f) lame simple de montant de plateau de piège brisé, 1H51G1-19; g) montant de mâchoire de piège avec trois rivets et une partie de mâchoire coupée à chaud -- le montant a été forcé pour être enlevé de l'armature, 1H51G1-18; h) lame simple de montant de mâchoire de piège -- le collet d'attache, probablement du genre fileté, a été coupé à froid, 1H51F2-16; i) montant de mâchoire de piège à un seul oeil -- le collet d'attache, probablement du type fileté, a été coupé à chaud, 1H51A5-8; j) mâchoire de piège évasée brisée, 1H51G3-33; k) fragment de mâchoire de piège brisée, 1H51G2-25; l) collet d'attache, probablement d'un montant de mâchoire de piège fileté et coupé du montant à chaud, 1H51G3-25. (Photo: R. Chan.)

constituent des pièces de fusils à pierre. Comme nous l'avons signalé pour d'autres domaines, pour ce qui est des armes, le forgeron de la boutique se limitait à des travaux de réparation, et les ressorts sont les pièces qu'il fallait le plus souvent réparer. Sur les 32 pièces, nous comptons 12 ressorts, tous brisés. Nous avons relevé 14 pièces de pièges (44 %) dans la zone de l'établi, à l'endroit où se trouvaient également 67 pour cent des ressorts. Étant donné que les segments de ressorts trouvés dans la boutique sont ceux qui sont restés fixés à la platine après s'être brisés à l'usage, il semble que ces pièces aient été retirées par le forgeron après qu'il les eut reçues pour réparation. Nous les avons découvertes autour de l'établi car c'est là que le forgeron les a vraisemblablement otées. Les nouveaux ressorts étaient probablement forgés à l'aide de l'étau plutôt que de l'enclume à

Tableau 11. Armes et accessoires

1H51a2-1	Fragment de pontet, alliage de cuivre, appartenant probablement à un pistolet
1H51A2-4	Pierre à fusil en forme de coin, incomplète, réutilisée, peut-être comme platine
1H51A2-12	Obturateur, déformé, petit calibre, appartenant probablement à un fusil de traite
1H51A4-13	Vis de contre-platine
1H51A4-14	Fragment de vis de cran de l'armé
1H51B2-1	Pontet, fusil de traite
1H51B2-10	Pierre à fusil en forme de coin, incomplète, réutilisée
1H51D2-11	Ressort à boudin serré, non militaire
1H51E2-18	Ressort du percuteur, incomplet
1H51E2-19	Ressort du percuteur, non militaire, incomplet
1H51E2-20	Plomb, 5 mm de diamètre
1H51E2-21	Ressort du percuteur, non militaire, incomplet
1H51E2-22	Pièce de détente, fusil de traite
1H51E3-9	Cran de l'armé supérieur, non militaire, déformé, incomplet
1H51E3-10	Tête de boulon d'affût de canon
1H51E3-11	Tuyau à écouvillon -- mousquet de traite
1H51F1-2	Tuyau à écouvillon -- mousquet de traite
1H51G1-4	Cercle de roue de prolonge d'artillerie
1H51G1-5	Pierre à fusil, incomplète
1H51G1-8	Ressort de gachette, non militaire, incomplet
1H51G1-9	Battant de bretelle arrière, probablement militaire
1H51G1-11	Ressort du percuteur, fusil de traite
1H51G1-16	Pontet, mousquet de traite
1H51G2-1	Bouton du 41e régiment, étain
1H51G2-4	Pierre à fusil, incomplète, en forme de coin
1H51G2-5	Éclat de pierre à fusil
1H51G2-9	Ressort à boudin serré, fusil de traite, incomplet
1H51G2-10	Ressort du percuteur, non militaire, fragment
1H51G2-11	Balle à enveloppe de cuivre -- 9 mm, XXe siècle; sans rapport
1H51G2-12	Cran de l'armé supérieur, incomplet, appartenant probablement à un pistolet
1H51G2-26	Ressort à boudin serré, fragment
1H51G3-2	Tuyau à écouvillon -- mousquet de traite
1H51G3-14	Gachette, fusil de traite
1H51H2-5	Tête de percuteur de mâchoire de mousquet possible
1H51H2-11	Fusil, fusil de traite
1H51J4-3	Gachette, fusil de traite
1H51J5-1	Plaque de crosse provenant d'un mousquet de traite -- clous en alliage de cuivre
1H51K4-2	Tuyau à écouvillon en alliage de cuivre -- mousquet de traite
1H51K4-6	Ressort de gachette, fusil de traite, incomplet
1H51L2-4	Vis de contre-platine

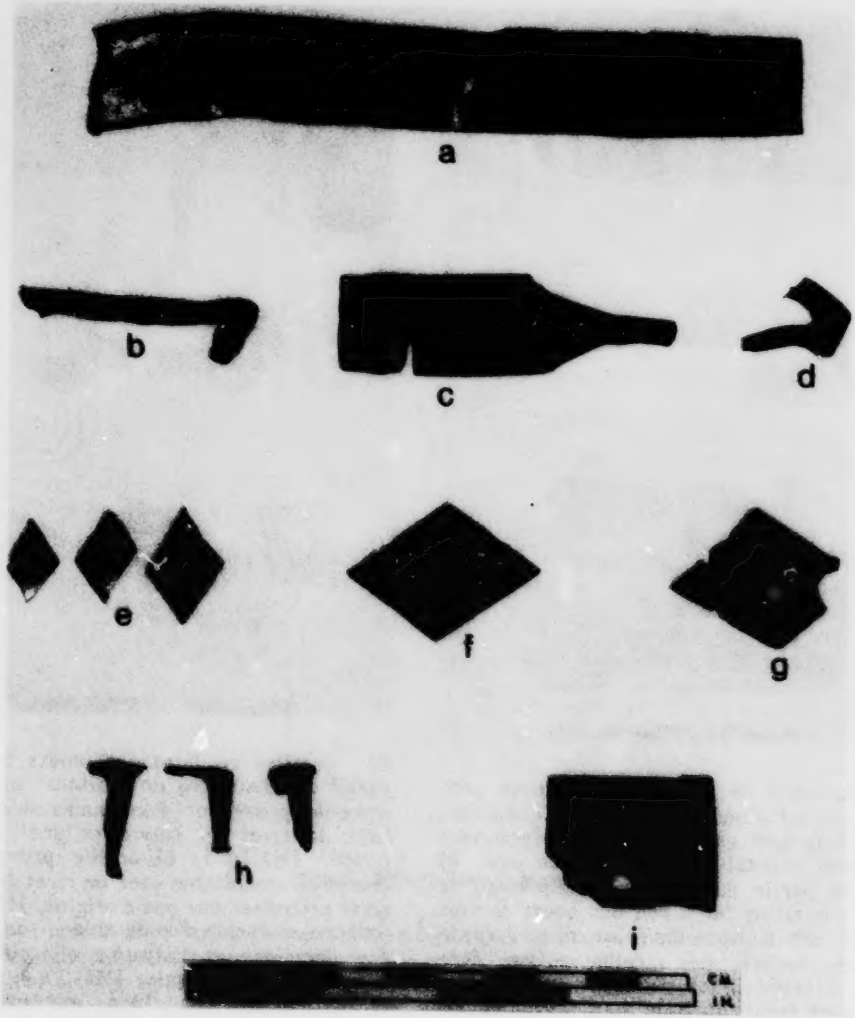
cause de la lumière de la fenêtre et de la nature délicate du travail. Il convient de noter que l'acier était rare et que l'une des principales sources d'acier du forgeron était les ressorts de pièges (fig. 28).

Étamage

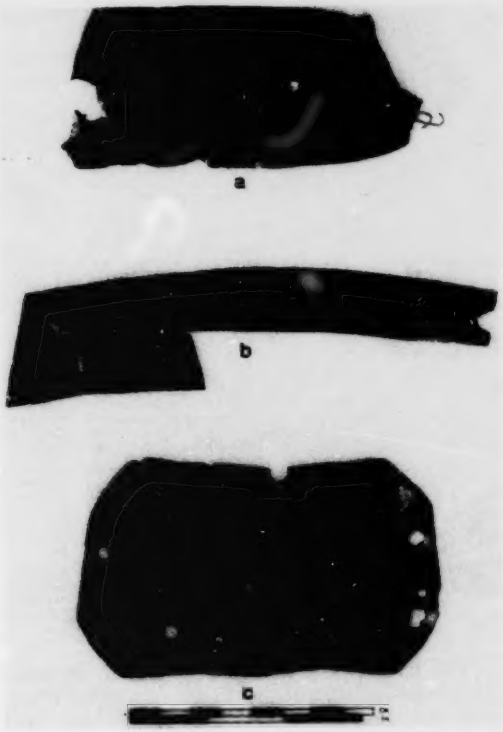
Le forgeron semble avoir consacré la plus grande partie de son temps à la réparation de casseroles et de chaudrons. Nous avons relevé de nombreux morceaux de tôle de cuivre et de laiton provenant d'ustensiles de cuisine dans les tas de ferraille du côté est du bâtiment, dont la plupart sont non caractéristiques. Près des trois quarts (73 %) du matériel non caractéristique provenaient du côté est du bâtiment, dont 35 pour cent du tas de ferraille situé dans le coin sud-est du carré de fouille et 25 pour cent du tas situé sous le soufflet. On a cependant récupéré suffisamment d'articles pour pouvoir décrire le type de réparations effectuées par le forgeron.

Le forgeron utilisait les vieux chaudrons en cuivre et en laiton qui ne valaient pas la peine d'être réparés pour rapiécer d'autres chaudrons et comme matière première dans la fabrication de rivets, de rondelles et d'oreilles. Il se servait de rivets en cuivre replié et probablement de rondelles également pour fixer les pièces sur les chaudrons nécessitant des réparations. À cet effet, le forgeron fabriquait ses propres rivets en repliant un morceau de tôle de cuivre en forme de losange. La méthode de fabrication de ces rivets est illustrée à la figure 31, de même qu'au moins deux méthodes abandonnées, plusieurs rondelles et un fragment de pièce à rapiécer avec les rivets en cuivre replié en place. Une autre de ces pièces (fig. 32c) porte encore quatre de ces mêmes rivets et est imprégnée de chaque côté de goudron végétal (Per Guldbeck 1979: comm. pers.), tout comme plusieurs autres articles de cuivre provenant probablement du même chaudron puisqu'ils sont tous imprégnés du même goudron (fig. 32a et b). Le chaudron a pu servir à faire bouillir de la résine de pin lorsqu'il n'était plus bon pour la cuisine. L'oreille nous indique la fonction première de l'objet tandis que le rapiècement et l'usure de l'oreille nous indiquent qu'il a beaucoup servi. Le fait que la gomme de pin se soit infiltrée dans toutes les fentes de la pièce et de l'oreille donne à penser qu'on se servait du chaudron pour faire bouillir du goudron et non pas uniquement comme récipient. Étant donné que la pièce rapportée provenait du chaudron et qu'un autre morceau imprégné de goudron (fig. 32b) a été utilisé pour fabriquer des rivets et des rondelles, on peut dire que c'est comme matière première que le chaudron a terminé sa longue carrière.

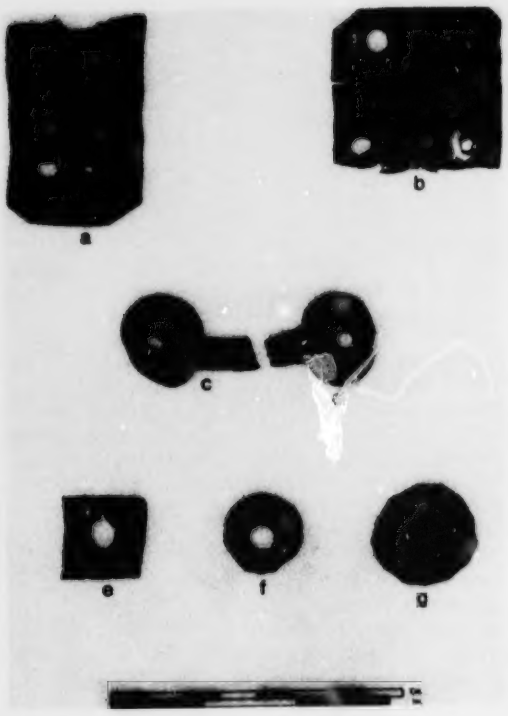
Les chaudrons en laiton semblent avoir été monnaie courante au poste de l'Île Saint-Joseph. Plusieurs oreilles de chaudrons en laiton emboîtables, de fabrication commerciale (Wheeler et al. 1975, p. 57), ont été trouvées dans la boutique avec également d'autres objets faits en tôle de laiton provenant probablement de chaudrons en laiton (fig. 33). On a aussi trouvé deux attaches en forme d'os de chien, provenant de couvercles de marmite, qui avaient été façonnées de telle sorte que nous croyons qu'elles servaient de matière première probablement destinée au brasage (fig. 33c et d).



31 Rivets et contre-rivures: a) bande provenant d'un chaudron en laiton avec une entaille et probablement destinée à faire des contre-rivures, 1H51K5-4; b) préforme de rivet -- morceau de cuivre rectangulaire replié sur lui-même à partir des deux extrémités puis replié parallèlement à la longueur avant le découpage -- probablement un essai raté, 1H51G2-20; c) préforme de rivet -- morceau de cuivre rectangulaire replié sur lui-même à une extrémité -- il est plié grossièrement en cercle et les plis convergent vers le centre en préparation du découpage et du forgeage de la tête, 1H51B2-28; d) préforme de rivet -- morceau de cuivre rectangulaire gaufré à une extrémité et plié dans le sens contraire à l'autre extrémité, 1H51G1-1; e) trois contre-rivures en cuivre, 1H51G4-4; f) préforme de rivet en cuivre, 1H51E2-3; g) rivet déplié pour montrer la préforme, 1H51G4-2; h) trois rivets repliés en cuivre, 1H51A2-25, 1H51G3-7(2); i) pièce à rapiécer provenant d'une bassine à confitures en cuivre étamé montrant trois rivets repliés, 1H51A2-28. (Photo: R. Chan.)



32 Fragments de chaudron en cuivre provenant probablement du même chaudron. Chaque fragment est partiellement recouvert de goudron végétal ou de résine de pin. a) Oreille et partie du chaudron comprenant le rebord -- le fil de fer à l'un des bouts servait probablement à accrocher au mur l'oreille récupérée jusqu'à ce qu'elle puisse être utilisée, 1H51B2-2; b) bande provenant d'un chaudron en cuivre utilisée pour fabriquer des rivets ou des contre-rivures, 1H51K5-19; c) pièce à rapiécer provenant d'un chaudron en cuivre avec quatre rivets repliés, 1H51D2-3. (Photo: R. Chan.)

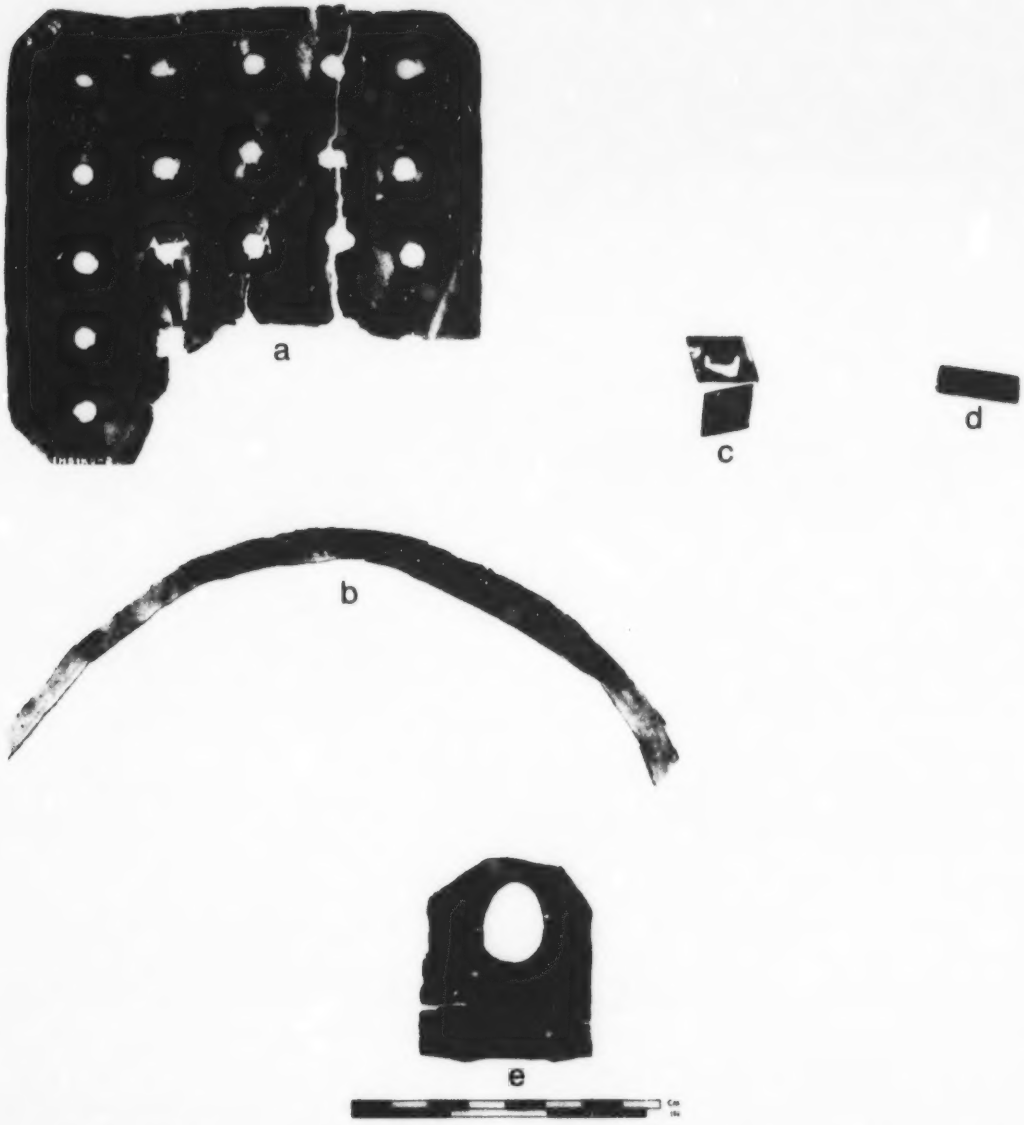


33 Oreilles en laiton et objets fabriqués à partir de chaudrons en laiton: a) fragment d'oreille provenant d'un chaudron emboîtable avec le rivet en cuivre original qui a été coupé, 1H51L3-1; b) oreille provenant d'un chaudron emboîtable avec un rivet ferreux, qui n'est probablement pas d'origine, 1H51B2-3; c) attache en forme d'os de chien -- une partie a été découpée et l'attache elle-même a été arrachée du couvercle, 1H51G3-3; d) attache en forme d'os de chien, martelée à plat, 1H51H3-1; e) contre-rivure ou rondelle, 1H51E2-4; f) rondelle, 1H51A4-1; g) préforme de rondelle, 1H51E3-2. (Photo: R. Chan.)

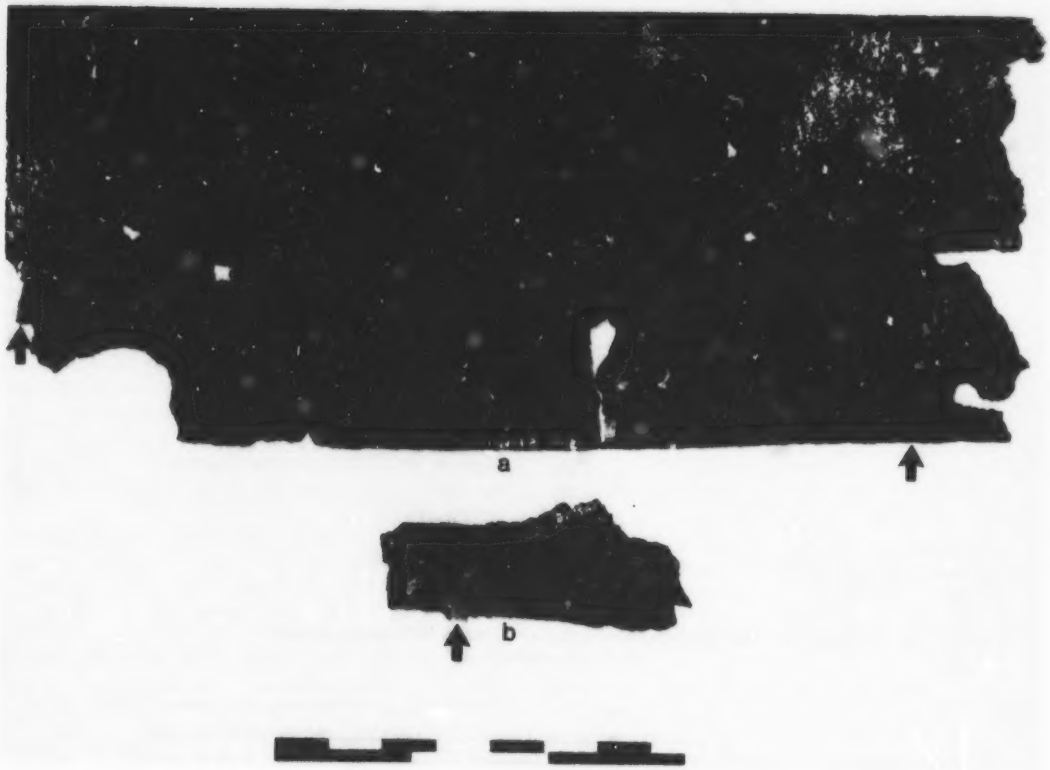
Dans ses réparations de chaudrons, le forgeron ne semble pas avoir été au courant des réactions cathodiques qui peuvent avoir lieu en présence d'un électrolyte comme de la nourriture dans un chaudron. Une oreille de laiton provenant d'un chaudron emboîtable avait été rattachée avec un rivet ferreux au lieu d'un rivet en cuivre (fig. 33b). Dans la boutique, nous avons découvert plusieurs rivets ferreux en tôle repliée dont la dimension et la forme nous autorisent à penser, compte tenu de l'objet mentionné plus haut, qu'ils étaient destinés à la réparation de chaudrons en cuivre et en laiton (fig. 34d). Les oreilles ferreuses

34 Oreilles et rivets: a) oreille ferreuse destinée à une grande marmite ou un grand chaudron avec oeillet de cuivre dans les trous de fixation -- un des oeillets n'a pas été entièrement percé, 1H51C2-16; b) oreille ferreuse dont l'un des trous porte encore les restes d'un rivet de cuivre, 1H51H2-20; c) rebord de chaudron en laiton avec rivet de cuivre -- l'on voit les restes d'une oreille ferreuse sous le rivet, 1H51H2-1; d) deux rivets ferreux repliés, 1H51E2-41. (Photo: R. Chan.)

étaient souvent utilisées sur les chaudrons en alliage de cuivre. Une des grosses oreilles ferreuses, massive (fig.34a), possède des cales de cuivre dans ses trous d'attache et une autre oreille ferreuse avait été fixée à un chaudron en laiton avec un rivet en cuivre (fig. 34c). Des rivets en cuivre replié ont également été utilisés pour réparer un objet en tôle, probablement un seau ferreux (fig. 36). Au début du XIX^{e} siècle, très peu de gens étaient renseignés sur la réaction galvanique entre métaux différents et il n'est donc pas étonnant qu'un forgeron ait utilisé des métaux incompatibles de cette façon. Le manque de matière première a pu cependant inciter le forgeron à se servir des matériaux qu'il avait sous la main. Dans la boutique, nous n'avons recueilli qu'un seul petit morceau de ce qui paraît être du cuivre brut (fig. 35d).



35 Objets fabriqués à partir de chaudrons en cuivre: a) plaque de recouvrement de drain en cuivre peut-être fabriquée à partir d'un chaudron, 1H51K5-2; b) bande coupée dans un chaudron en cuivre suivant une forme qui porte à croire qu'elle allait probablement servir de rebord ou de demi-rebord à un récipient une fois pliée et soudée à l'objet, 1H51G3-8; c) deux contre-rivures de cuivre dont l'une est une préforme, 1H51B2-27; d) barre de cuivre, probablement de la matière première, 1H51G3-4; e) fragment d'oreille -- le trou de la poignée est fortement usé -- l'oreille n'a probablement pas duré longtemps parce que le métal était trop mou pour supporter un poids élevé, 1H51G1-2. (Photo: R. Chan.)



36 Rivets en cuivre replié dans de la tôle de fer ferreux: a) deux rivets en cuivre replié dans une tôle non identifiée au rebord plié, 1H51A2-42; b) rivet en cuivre replié dans un joint de fer laminé provenant probablement d'un seau en fer, 1H51J2-7. (Photo: R. Chan.)

Restes fauniques (tableaux 12 et 13)

Si l'on excepte les restes d'un chien, probablement celui du forgeron, qui avait été enterré à l'extérieur du coin nord-est de la boutique, et d'un os de mâchoire d'un campagnol, les restes fauniques proviennent d'aliments (Cumbaa 1979). La répartition de ces restes dans la boutique confirme en général l'emplacement de la zone domestique de la forge à un endroit quelconque le long du mur sud. Mis à part le chien et le campagnol, 42 pour cent des os et arêtes provenaient du long du mur sud; en revanche, en poids, le pourcentage est sensiblement plus élevé et atteint 66 pour cent. Un os de mouton, découvert dans le coin intérieur nord-est dans un tas de ferraille, équivalait à lui seul à 9 pour cent du poids total des os et arêtes. Autrement, nous n'avons pas décelé de répartition précise, surtout en ce qui concerne les arêtes de poisson qui sont distribuées uniformément dans toute la boutique. L'éparpillement est sans doute dû à la présence du chien car huit os portaient des empreintes de dents et il ne semble pas possible qu'elles aient pu être produites par l'homme (S. Cumbaa 1979: comm. pers.). Le plus haut pourcentage d'os et d'arêtes se rencontre dans la zone ou se situe la table dans les figures 3 et 4.

Tableau 12. Distribution des os et arêtes par espèces, boutique de forge (1H51) niveaux d'occupation (2, 3, 4) (Cumbaa 1979)

Espèces	A2	A3	A4	B2	C2	D2	D4	E2	F2	G2	G4	G3	H2	H4	J2	J3	J5	K2	K5	L2	L3	L5	M2	M3	Total
Lièvre/lapin																		1							1
Chien																		116*							116*
Porc	3												1												4
Vache				1	1																				2
Mouton																			3						3
Mammifère non identifié	20		3	2	7	7					1	1	2		1					6			4	1	55
Oie																		1							1
Canard																						1			1
Chouette cendrée					2																				2
Grand chevalier à pattes jaunes				2																					2
Goéland																	1								1
Oiseau non identifié			1	2				1	1						1						1		1		8
Esturgeon					1	1	1										1						1		5
Corégone/cisco Sardinelle		2																							2
Brochet/maskinongé						1																			1
Achigan à grande bouche																1									1
Poisson non identifié	9		1			3		2		4		1	1	1	1		5	1*		2					23*
Classe non identifiée			3		1				4	2	1	1						3*							17*
Additifs:																									
Campagnol																		1*							1*
Total	36	2	8	7	12	12	1	3	5	6	2	3	4	1	3	1	7	123*	3	8	1	1	6	1	344*

* Indique des totaux ou des données différentes du tableau 22 de Cumbaa, 1979.

Tableau 13. Distribution des restes fauniques (à l'exception du chien et du campagnol)

Provenance	Nbre	% du total par carré de fouille	Poids (kg)	% du total par carré de fouille
1H51A2	26		35,2	
1H51A3	2		0,7	
1H51A4	8	27,48	12,4	13,90
1H51B2	7	5,34	153,9	44,28
1H51C2	12	9,16	27,0	7,77
1H51D2	12		31,4	
1H51D4	1	9,92	0,3	9,12
1H51E2	3	2,29	1,0	0,29
1H51F2	5	3,82	0,3	0,09
1H51G2	6		1,2	
1H51G4	2		0,8	
1H51G5	3	8,40	6,5	2,45
1H51H2	4		14,8	
1H51H4	1	3,82	0,3	4,35
1H51J2	3		5,5	
1H51J3	1		0,2	
1H51J5	7	8,40	0,9	1,90
1H51K2	8		2,1	
1H51K5	3	8,40	31,7	9,72
1H51L2	8		17,7	
1H51L3	1		0,7	
1H51L5	1	7,63	0,4	5,41
1H51M2	6		2,3	
1H51M3	1	5,34	0,3	0,75
Total	131	100,00 %	347,6	100,03 %

CONCLUSION

Les ruines et les artefacts nous ont fourni une grande quantité de renseignements sur le forgeron d'un poste de traite des fourrures du tout début du XIX^{e} siècle. Comme tous les forgerons des régions nouvellement colonisées, c'était un homme qui se livrait à des travaux variés mais qui manquait de matière première. Il était tout à la fois tonnelier, armurier, maréchal-ferrant et étameur, en plus d'être forgeron, et ce malgré la pénurie de matière première, d'acier en particulier. C'est pourquoi la récupération est manifeste dans tous les artefacts mis au jour.

Il se peut fort bien que plus d'un forgeron ait travaillé à la boutique au cours de son existence. Certaines habitudes dans le découpage, le pliage et le forgeage du métal se dessinent à force d'examiner attentivement les artefacts et nous croyons en fait y déceler au moins deux styles différents. Les deux tuyères séparées semblent également dénoter la présence de deux forgerons. Quoi qu'il en soit, aucun des artefacts n'est le résultat d'un travail exceptionnel. Les preuves d'une technique rudimentaire et du manque de soin sont nombreuses, mais dans les régions reculées c'est le côté utilitaire qui l'emportait et les objets produits dans cette forge convenaient sans doute fort bien à leurs propriétaires.

Les quelque 8500 artefacts découverts lors des fouilles s'étaient déposés suivant certains schémas bien précis. Le fait que ces schémas étaient encore évidents après environ 170-180 ans, ajouté au fait qu'aucune zone perturbée n'a été découverte et qu'un seul artefact n'était pas à sa place (une balle de fusil), suggère fortement que la boutique n'a pas été touchée après son abandon. Etant donné que le bâtiment n'a pas brûlé mais semble avoir été déménagé, on pourrait imaginer le scénario suivant.

Quelque temps après le début de l'occupation britannique de la pointe en 1796, le bâtiment fut construit, peut-être par Spenard, Fields et Varin. Le bâtiment servait exclusivement de boutique de forge bien que l'intérieur semble avoir subi des modifications au moins une fois, peut-être au cours de sa construction, car l'élément de pierre dont la destination nous est inconnue, situé dans le coin intérieur sud-ouest, demeure incomplet. Quelqu'un a suggéré qu'il s'agissait d'une base de poêle, mais la forme de l'élément ne semble pas appropriée à cet usage. De plus, le fait que les pierres étaient liées avec du mortier alors que celles de la forge ne l'étaient pas semble infirmer cette hypothèse. Quoi qu'il en soit, cet élément mystérieux n'a pas de fonction perceptible dans l'atelier. La forge a également été modifiée au moins une fois comme en font foi les deux types de tuyères mais cela n'affecte en rien la vocation du bâtiment.

La boutique fut probablement abandonnée en 1812 lors de la prise de Michillimakinac. Les commerçants de fourrures, qui ont pris part à l'attaque, allèrent s'installer dans l'ancien fort américain pour la durée de la guerre, emportant sans doute avec eux l'enclume, le soufflet, la matière première et tout l'outillage nécessaire à la forge. Le bain de refroidissement et la ferraille utilisable du tas situé sous le soufflet ont pu également être transportés à ce moment-là. L'enlèvement de la ferraille récupérable qui se trouvait sous le soufflet explique peut-être pourquoi il n'existe guère de différence, comme nous l'avons signalé dans la partie intitulée "Agencement de l'atelier", entre la ferraille de ce tas et la ferraille des tas du coin extérieur sud-est du bâtiment.

Après la guerre, les Britanniques sont retournés dans l'île Saint-Joseph avant de partir pour l'île Drummond et les commerçants ont suivi. La forge a pu être utilisée à ce moment-là puisque le bâtiment ne semble pas avoir été brûlé par les Américains en 1814. Cependant, lorsque les Britanniques gagnèrent l'île Drummond, ils prirent avec eux tout ce qui était récupérable, ce qui explique la disparition de l'un des bâtiments.

Lorsque le bâtiment fut déménagé, le site abandonné à lui-même fut rapidement envahi par la végétation.

Si le scénario évoqué est exact, le bâtiment remonte à environ 1796-1815. Les dates de fabrication de toute la céramique de la fouille correspondent à cette période et aucun des morceaux de verre ne contredit cette conclusion. Ce sont là les seuls articles datables de la boutique. De plus, Henry Schoolcraft est passé près de l'île Saint-

Joseph en 1820 au cours d'une expédition partie de Détroit pour se rendre aux sources du Mississippi. Il signalait: "...seules les cheminées de pierres des anciennes maisons sont restées debout, témoignant des pratiques barbares de la guerre" (Schoolcraft 1821, p. 130). Puisqu'il est passé par le chenal ouest de la rivière et par derrière l'Île Lime, il a dû apercevoir assez nettement au loin les rives est et sud de la péninsule, mais non la rive ouest. La boutique de forge, située à environ 20 m sur la rive est, aurait donc dû lui apparaître mais il ne la mentionne pas. Bien que Schoolcraft n'ait pas visité les lieux, c'était un observateur attentif et s'il n'a pas parlé de la boutique de forge, c'est qu'elle n'y était plus en 1820. Même si elle y était encore, le forgeron ne devait sûrement pas être surchargé de travail, car ses clients avaient à cette époque déménagé à l'Île Drummond.

La boutique faisait probablement partie d'un ensemble de bâtiments qui comprenait le bâtiment mi-souterrain situé à proximité. Il devait y avoir en outre une maison et peut-être même plusieurs dépendances. Il y avait peut-être aussi un abri destiné aux soins des chevaux puisque nous savons que le forgeron ferrait les animaux. La boutique était trop petite pour que cette activité prît place à l'intérieur et le travail se faisait donc vraisemblablement quelque part devant.

L'acte de cession des bâtiments de Spenard, Fields, Varin et Pelladeau à Tousaint Pothier fait état de "terrains, maisons, magasins et autres bâtiments" (APC, RG4, A1, série S, vol. 85, p. 26,160) et le "Plan of the Post on the Island of St. Joseph", qui date de 1799, indique de grandes parcelles sur les rives est et ouest de la péninsule (APC, Collection nationale de cartes et plans, H3/450 - St. Joseph - 1800). Selon l'acte de cession, il paraît probable qu'au moins l'un de ces terrains ait appartenu à Spenard, Fields, Varin et Pelladeau. Si la boutique de forge leur appartenait également, il devrait être possible de trouver les "maisons ... et autres bâtiments" de la compagnie. Si l'on poursuit les fouilles entreprises au fort Saint-Joseph, il pourrait être fructueux de définir un projet de recherche qui aurait pour but de circonscrire un terrain et de consigner tous les éléments qui s'y trouvent. Le point de départ logique de ces fouilles serait l'un des trois bâtiments déjà mis au jour le long de la côte est. Si l'on choisit la boutique de forge, par exemple, les fouilles devraient non seulement se concentrer sur l'identification et la délimitation des ouvrages mais également sur les liens qui existent entre ces ouvrages. À cette fin, les artefacts provenant de la forge devraient être réexaminés pour voir quel lien les rattache à ceux des autres bâtiments. Nous avons déjà laissé entendre que le bâtiment mi-souterrain voisin (fouille 48) était étroitement lié à la forge et qu'il pourrait contenir des latrines et des dépotoirs. On pourra se consacrer à la recherche du secteur de ferrage des chevaux et tenter de mettre en évidence les rapports qui existent entre le "bâtiment civil" situé en contrebas, près de la rive, et la forge.

Si ce projet est mis au point et en chantier, on devra s'attacher à définir les rapports de tout ordre qui unissent les artefacts non seulement entre eux (verre et céramique, pipes, métal, etc.), mais également aux bâtiments et ouvrages où on les trouve. Parfois, ces relations sont subtiles, mais il arrive que les artefacts puissent nous permettre, comme dans le cas présent, de reconstituer l'agencement du bâtiment lui-même.

APPENDICE A. IDENTIFICATION DES ZONES DE TRAVAIL DE LA FORGE DU FORT SAINT-JOSEPH

John Stewart, John D. Light et Louis Laflèche

Introduction

Durant la saison de fouilles de 1978 au parc historique national du fort Saint-Joseph, une boutique de forge, datant de 1796 à 1828, a été fouillée par une équipe travaillant sous la direction de Ellen Lee. Les fouilles ont mis au jour les murs, la forge, la base de l'enclume et un petit élément de pierre, non identifié jusqu'à ce jour, dans un coin intérieur du bâtiment.

Les fouilles avaient, entre autres, pour objet d'identifier les zones de travail de la forge. Il s'agissait de découvrir à quel endroit, par exemple, se trouvaient les fenêtres, la meule à aiguiser et le tas de combustible. Le présent rapport présente un compte rendu de la recherche de l'un de ces articles: l'établi.

Lorsque le forgeron travaille le métal, il produit des scories, ou minuscules particules de métal, qui tombent sur le sol. Au fur et à mesure que ces scories s'accumulent, la teneur en fer du sol augmente proportionnellement à la somme de travail effectuée dans la zone. Ainsi, dans une boutique de forge non-perturbée, il y aura au moins deux endroits où la teneur en fer du sol est élevée, soit la zone autour de l'enclume et la zone autour de l'établi. C'est à partir de ce postulat que nous avons élaboré notre stratégie de fouille. C'est ainsi que bien avant que l'on puisse clairement apercevoir les murs ou qu'on ne découvre la base de l'enclume, on savait que l'enclume était probablement située dans le carré de fouille E (fig. 37) car l'aimant manuel avait permis de déceler de fortes concentrations de fer à cet endroit. Des fouilles plus poussées ont confirmé cette observation.

Par contre, certains composés ne sont pas magnétiques et leur présence ne peut pas être signalée par un aiment manuel. De plus, s'il révèle la présence de particules magnétiques, l'aimant manuel ne nous fournit pas de renseignements sur leur quantité. On a donc procédé à la collecte d'échantillons de terre à l'intérieur et, à des fins de contrôle, à l'extérieur du bâtiment. On a analysé la quantité de fer et sa fraction magnétique pour déterminer si l'une des zones intérieures avait un sol dont la teneur en fer et la fraction magnétique étaient anormalement élevées.

Ensuite, on a tracé un schéma d'utilisation du plancher de la boutique en relevant les concentrations de fer dans le sol et les fractions magnétiques sur des plans du plancher. Les deux plans ont révélé la présence de deux zones: une zone à forte concentration, le long de la moitié nord du mur est et près de l'enclume, et une zone à faible concentration partout ailleurs. En supposant que le sol n'ait pas été remué (par balayage ou autrement), l'emplacement de l'établi le plus vraisemblable est donc la moitié nord du mur est.

Examen

Teneur en fer

Tous les échantillons ont été séchés pendant 24 heures à 105°C dans un four électrique et moulus pour être passés au tamis de maille 100 (ASTM). Le fer a été lessivé avec une solution d'acide chlorhydrique chaude (1:1) pendant 16 heures. On a ensuite analysé les solutions ainsi obtenues par spectrophotométrie d'absorption atomique pour avoir la teneur en fer.

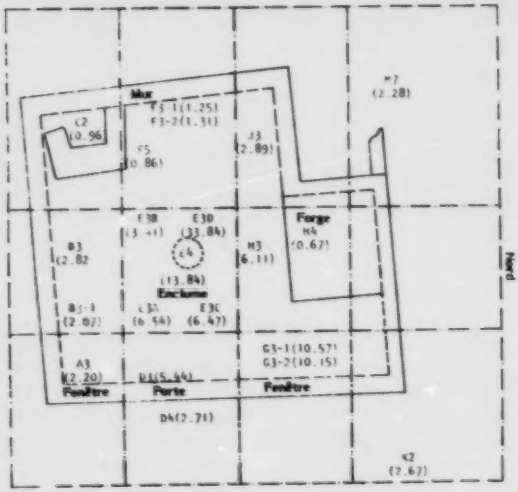
Les échantillons 1H51D4, 1H51K2 et 1H51M7 proviennent de l'extérieur de la boutique et ont été inclus, comme échantillons témoins, pour donner une idée de la quantité de fer contenu naturellement dans le sol local.

La figure 37 montre les concentrations de fer sur un plan du sol de la boutique de forge. Les zones situées autour de l'enclume ainsi qu'au nord et à l'est ont une teneur en fer plus élevée que le reste de la boutique. En fait, l'existence de deux zones distinctes, l'une à forte concentration de fer et l'autre à faible

CONCENTRATIONS DE FER

Provenance	% de fer	Provenance	% de fer
1H51A3	2,20	1H51E4	13,84
1H51B3	2,82	1H51F3-1	1,25
1H51B3-1	2,07	1H51F3-2	1,31
1H51C2	0,96	1H51F5	0,86
1H51D3	5,44	1H51G3-1	10,57
1H51D4	2,71*	1H51G3-2	10,15
1H51E3(A)	6,54	1H51H3	6,11
1H51E3(B)	3,41	1H51H4	0,67
1H51E3(C)	6,47	1H51J3	2,89
1H51E3(D)**	33,84	1H51K2	2,67*
		1H51M7	2,28*

* Échantillons témoins de l'extérieur du bâtiment. ** Échantillon contaminé.



37 Plan du plancher de la forge montrant les numéros de provenance et les concentrations totales de fer.

concentration, constitue une hypothèse valable à 99,9 % selon les statistiques t, ce qui revient à dire qu'il existe moins d'une possibilité sur 1000 qu'il n'y ait pas deux zones.

La zone à faible concentration de fer a une teneur de 1,67 ± 0,85 %, par rapport aux échantillons témoins de l'extérieur du bâtiment dont la concentration de fer est de 2,55 ± 0,24 %. Ces chiffres signifient qu'il n'y a pas eu d'enrichissement en fer des échantillons intérieurs à faible concentration et que, par conséquent, on n'a pas travaillé le fer dans cette zone.

L'échantillon 1H51E3(D) comportait un clou en fer et bien qu'on ait retiré ce clou de l'échantillon avant l'analyse, les résidus de la corrosion avaient entraîné une forte concentration de fer qui ne provenait pas directement du travail du fer chaud. On l'a donc exclus de l'examen.

CONCENTRATIONS DE FRACTION MAGNÉTIQUE

Provenance	% F. M.	Provenance	% F. M.
1H51A3	2,80	1H51E4	19,00
1H51B3	1,40	1H51F3-1	0,40
1H51B3-1	1,00	1H51F3-2	2,20
1H51C2	1,40	1H51F5	0,60
1H51D3	4,80	1H51G3-1	13,20
1H51D4	4,20*	1H51G3-2	7,60
1H51E3(A)	8,20	1H51H3	9,60
1H51E3(B)	4,60	1H51H4	1,40
1H51E3(C)	8,40	1H51J3	3,60
		1H51K2	1,80*
		1H51M7	1,00*

* Échantillons témoins de l'extérieur du bâtiment.

Fraction magnétique

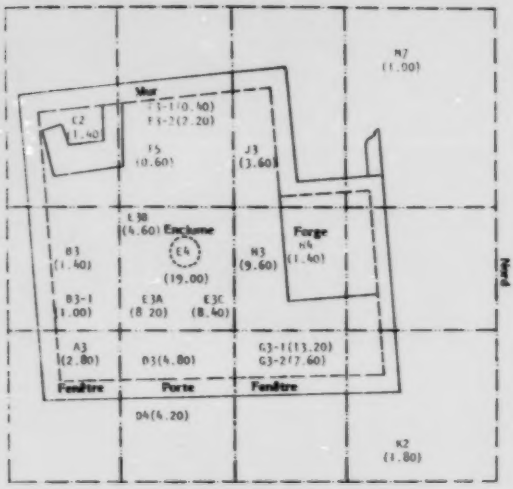
Pour déterminer la fraction magnétique, on s'est servi des échantillons séchés et moulus de l'analyse de la teneur en fer.

On a déposé un échantillon de 10 g dans un becher de 250 ml avec 100 ml d'acétone et un barreau aimanté (4 x 1 cm) pré-pesé à revêtement en téflon. Après avoir doucement agité le becher pendant une heure, on a retiré la tige que l'on a remplacée par une autre tige pré-pesée. Après avoir doucement agité le becher pendant une autre demi-heure, on a également retiré le second aimant. Les deux aimants ont ensuite été séchés et pesés. La fraction magnétique a été calculée de la façon suivante:

$$\text{fraction magnétique} = \text{poids des barreaux aimantés après immersion} - \frac{\text{poids des barreaux aimantés avant immersion}}{10\text{g}} \times 100$$

Notez que pour peser les tiges sur une balance à plateau simple, on a dû les placer sur une couche de styromousse isolants de 30 cm.

La figure 38 montre les fractions magnétiques sur un plan du sol de la boutique de forge. Les zones situées autour de l'enclume



38 Plan du plancher de la boutique de forge montrant les numéros de provenance et les concentrations de fraction magnétique.

ainsi qu'au nord et à l'est ont une teneur en fer plus élevée que le reste de la boutique. En fait, l'hypothèse selon laquelle il existe deux zones distinctes, l'une à forte fraction magnétique et l'autre à faible fraction magnétique est fiable à 99,9 %, ce qui signifie qu'il y a moins d'une possibilité sur 1000 pour qu'il n'y ait pas deux zones.

La zone à faible fraction magnétique a une concentration de fer de 1,64 $\pm$ 1,04 par rapport à 2,33 $\pm$ 1,67 pour les échantillons témoins de l'extérieur du bâtiment. Ces données signifient qu'il n'y a pas eu d'enrichissement en fer des échantillons intérieurs à faible teneur et que l'on n'a donc pas travaillé le fer dans ces zones.

Conclusion

De toute évidence, la meilleure preuve de l'emplacement de l'établi aurait été l'étude archéologique des vestiges. En l'absence de vestiges, cependant, nous avons dû recourir à une méthode indirecte qui a consisté à déterminer l'emplacement le plus probable de l'établi d'après l'examen du sol de la boutique de forge.

Les deux méthodes d'analyse, calculs de la teneur en fer et de la fraction magnétique, ont abouti au même résultat: l'établi se trouvait vraisemblablement le long de la moitié nord du mur est.

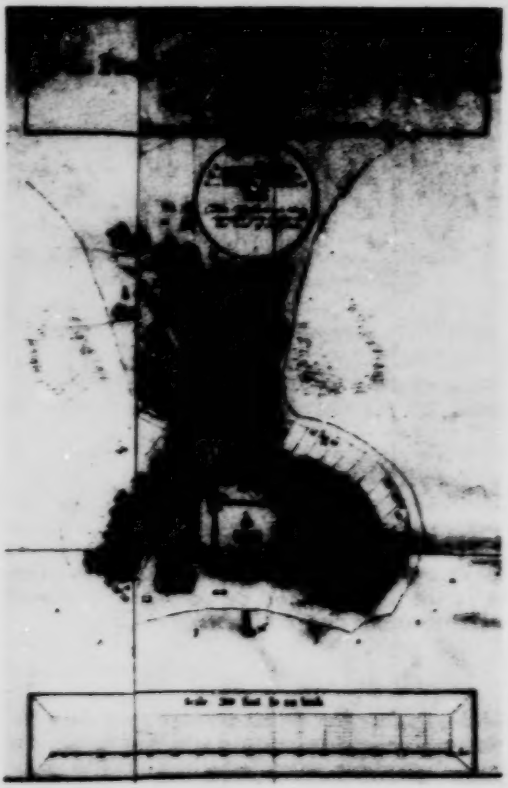
À l'avenir, une seule méthode d'analyse suffira. Les deux méthodes présentent chacune des avantages et des inconvénients. L'analyse de la teneur en fer est rapide (on peut faire 100 échantillons de sol séché et moulu en 4 jours), mais les appareils nécessaires sont complexes et coûteux. Le calcul de la fraction magnétique, en revanche, exige seulement deux aimants à revêtement en téflon et une balance ordinaire, mais on ne peut faire que cinq échantillons par jour. Le choix de la technique dépendra finalement des appareils du laboratoire.

APPENDICE B. PREUVES DOCUMENTAIRES RELATIVES À LA PROPRIÉTÉ DE L'ATELIER

Dennis Carter-Edwards

L'identification de la boutique de forge mise au jour au cours de la saison de 1978 présente un problème de documentation historique. Les nombreux documents secondaires sur la traite des fourrures ne donnent pas beaucoup de renseignements sur les activités quotidiennes des différents commerçants de l'Île Saint-Joseph. Ils ne sont guère utiles à celui qui s'emploie à déterminer qui était le propriétaire de la boutique. Même les documents d'époque, éparpillés dans diverses archives, ne nous ont jusqu'à présent fourni que de vagues indices sur la traite des fourrures dans l'Île. En l'absence d'une étude globale sur le sujet, nous essaierons ici de présenter certaines observations sur l'histoire du bâtiment.

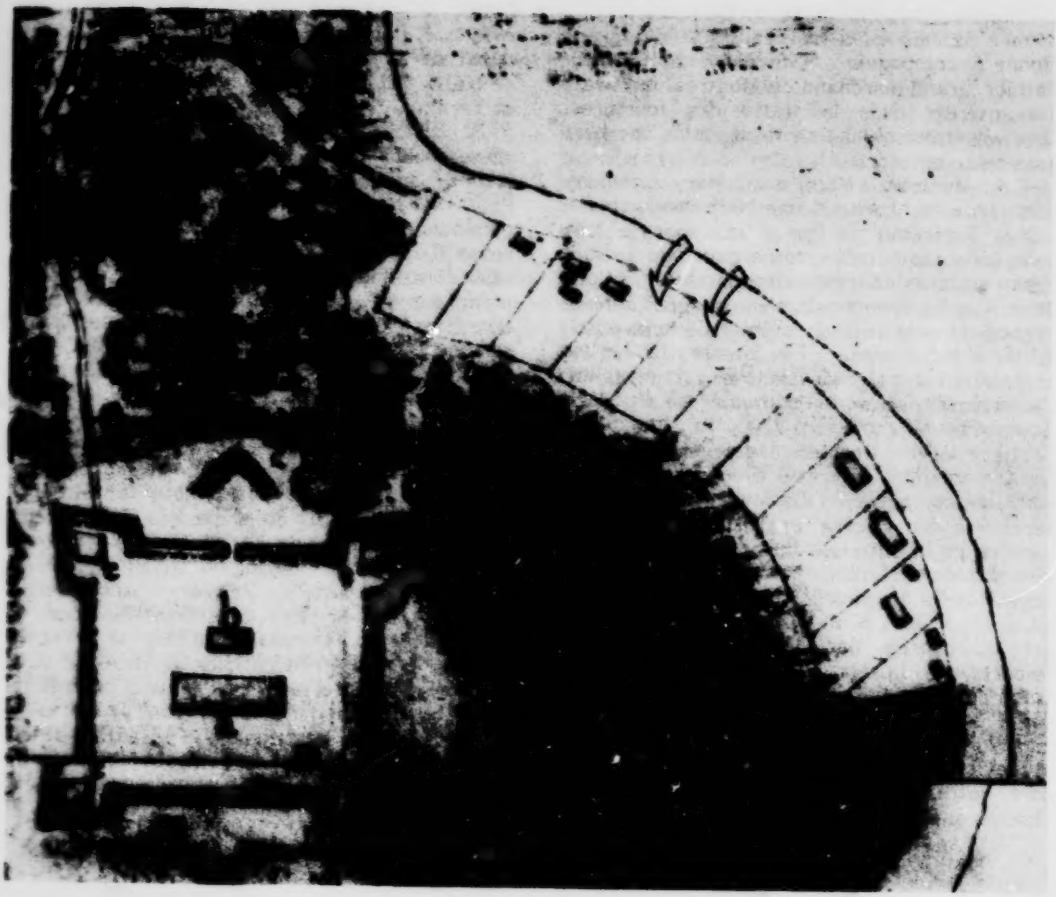
En 1796, la garnison britannique se retirait du poste de Michillimakinac et entreprenait la construction d'un nouvel établissement militaire dans l'Île Saint-Joseph. De nombreux marchands les suivirent dans le nouveau poste britannique. En septembre 1798, le capitaine Peter Drummond faisait savoir aux autorités militaires que près d'une douzaine de commerçants construisaient ou se préparaient à construire "sur le site se trouvant à côté du blockhaus" (APC, RG8, I, vol. 251, p. 256-259 (fig. 39). Sur la liste des marchands figurait le nom d'un certain M. Pothier. En 1804, Pothier s'était associé à un groupe de commerçants de l'Île Saint-Joseph qui oeuvraient sous le nom de Sheppard, Fields et Varin. Pothier était décrit comme un marchand de Montréal qui "fournirait à ladite firme des biens et de la marchandise" (APC, RG4, A1, série S, vol. 84, p. 26, 160-161). La nature exacte des affaires de l'entreprise n'est pas précisée. Cependant, l'entreprise semble avoir été d'importance. Pendant six mois en 1806, ils mirent un forgeron à la disposition du ministère des Indiens en attendant que celui-ci trouve un remplaçant à son forgeron décédé (Vincent s.d.). Le forgeron de la firme disposait vraisemblablement de sa propre boutique pour faire des réparations et effectuer d'autres tâches. L'emplacement de cette boutique est tout à fait conjectural. En revanche, selon toute logique, la boutique était probablement située sur l'un des terrains



39 Plan du poste militaire de l'Île Saint-Joseph, 1800 par Gother Mann. (Archives publiques Canada, Collection nationale de cartes et plans, C-57132.)

figurant sur le croquis de l'Île dessiné par Gother Mann du Corps du génie royal en 1800 (fig. 40).

Il se peut que l'entreprise n'ait pas été très prospère car en août 1804, James Fields, commerçant du poste de l'Île Saint-Joseph, se plaignait de ce que le forgeron du ministère des Indiens, Louis Dufresne, faisait des affaires avec la population autochtone et



40 Détail de plan du poste militaire de l'île Saint-Joseph, montrant les terrains réservés aux marchands. L'un des deux terrains indiqués par les flèches appartenait probablement à Spenard, Fields, Varin et Pelladeau. (Archives publiques Canada, Collection nationale de cartes et plans, C-57132, détail.)

empiétait sur son domaine (APC, RG8, I, vol. 254, p. 223). En tant que forgeron du ministère, Dufresne était parfaitement bien placé pour tirer profit de ses relations étroites avec les Indiens, malgré les interdictions officielles à cet égard. En 1808, l'association était dissoute et tous les actifs de la compagnie, "terrains, maisons, magasins et autres bâtiments, meubles ou ustensiles de maison de tout ordre", revinrent à T. Pothier (APC, RG4, A1, série S, vol. 84, p. 26, 160-161).

Après la dissolution de la société, Pothier n'en poursuivit pas moins des activités commerciales dans l'île. En décembre 1806, il était inscrit comme second associé et fondé de pouvoir de la Michilimackinac Company nouvellement constituée (Wallace 1934, p. 224). Cette compagnie avait été créée pour faire face à la forte concurrence du sud et de l'ouest des Grands Lacs. Cependant, ce ne fut pas un succès. En 1810, la compagnie était dissoute et une nouvelle maison de commerce,

la Montreal Michilimackinac Company, était formée par quelques-uns des associés de l'ancienne compagnie (Stevens 1916-1917). Pothier, grand marchand de Montréal qui avait des intérêts dans la traite des fourrures, détenait vraisemblablement au moins une part dans cette entreprise.

La Montreal Michilimackinac Company continua à se heurter à une rude concurrence. La American Fur Company de John Jacob Astor qui commerçait dans le sud-ouest était un adversaire redoutable. En peu de temps, les diverses parties engagées dans le négoce dans la région envisageaient la possibilité d'une fusion. En janvier 1811, une entente fut signée et les compagnies s'associèrent sous le nom de South West Company.

Là encore, Pothier conservait vraisemblablement des intérêts financiers dans la nouvelle compagnie. Dans un long mémoire adressé à Sir George Prevost concernant la capture et la situation du poste américain de l'île Mackinac, Pothier se décrit comme étant "agent de la South West Fur Company" (APC, RG8, I, vol. 677, p. 68-70). Cette affirmation est corroborée par le capitaine Charles Roberts qui faisait l'éloge de Pothier pour l'aide apportée par ce dernier dans la prise du poste américain: "M. Pothier m'a gracieusement ouvert les portes de ses magasins pour approvisionner mes troupes et ... j'ai inclus pour votre information la liste des articles obtenus auprès de la Compagnie du Sud-Ouest" (APC, RG8, I, vol. 676, p. 156). De toute évidence, Pothier continua à se servir, jusqu'au début de la guerre, des installations du poste de traite qu'il avait achetées à Spenard, Fields et Varin.

Il existe une autre preuve à l'appui de notre thèse voulant que la boutique de forge mise au jour appartînt bien à Pothier. Au cours de l'été 1814, une expédition américaine sous le commandement du colonel George Croghan remonta la rivière St. Mary en direction de Michillimakinac. En route, un petit détachement fut envoyé au fort Saint-Joseph pour détruire les approvisionnements et les bâtiments. Ramsey Crooks, un agent de John Jacob Astor (l'un des principaux associés de la Compagnie du Sud-Ouest), accompagna le détachement jusqu'à l'île. Il avait pour mission de protéger les "intérêts" de la compagnie (Vincent, s.d.). Les fouilles archéologiques n'ont rien relevé qui puisse nous faire croire que le bâtiment ait été incendié, ce qui vient étayer l'hypothèse que la boutique appartenait bel et bien à la Compagnie du Sud-Ouest et était sous la garde de Pothier. Sans l'inventaire de 1806 (append. C) et sans les données archéologiques complémentaires, il n'aurait pas été possible d'identifier de manière sûre le propriétaire de la forge. Mais à la lumière des preuves documentaires, l'on peut maintenant avoir la certitude que le bâtiment en question était en fait la boutique de Spenard, Fields et Varin et qu'elle a appartenu plus tard à Tousaint Pothier.

APPENDICE C. TENEUR DE L'ENTENTE INTERVENUE ENTRE SPENARD, FIELDS, VARIN ET PELLADEAU D'UNE PART ET TOUSAINT POTHIER D'AUTRE PART
(APC, RG4, A1, série S, vol. 84, p. 26, 160-161)

Attendu que le dixième jour d'août 1804 une maison de commerce ou société en nom collectif a été formée à Saint-Joseph. Attendu que l'entreprise ou la société en nom collectif connue sous la raison sociale de Spenard, Fields et Varin, était composée de Charles Spenard, James Fields et Guillaume Varin, dont l'association était valable pour une durée de trois ans. Attendu également qu'au cours de la première année de ladite entreprise, les parties susmentionnées ont jugé pratique et opportun d'admettre Louis Pelladeau dans la firme précitée, aux conditions et stipulations précisées dans le contrat liant les parties. Attendu encore que ledit contrat stipulait que Tousaint Pothier, marchand de Montréal, devait fournir à la firme susdite les biens et marchandises stipulés dans ledit contrat. Attendu enfin que les parties précitées mentionnées au premier chef, de même que ledit Tousaint Pothier, ont décidé par consentement mutuel de dissoudre la société en nom collectif susmentionnée à partir de la présente date et de diriger les affaires de ladite société suivant les conditions précisées ci-dessous. À savoir

Article 1er

Lesdits Charles Spenard, James Fields, Guillaume Varin et Louis Pelladeau consentent aux termes du présent contrat à céder au dit Tousaint Pothier en ce jour, sans réserve, tous les biens et avoirs dont ils sont les détenteurs, de même que leurs fonds communs et capital investi comprenant des terrains, maisons, magasins et autres bâtiments, meubles de maison ou ustensiles de tout ordre, fourrures, peaux, montants à recouvrer suivant les livres, billets à ordre ou autres ainsi que tous les biens personnels, quels qu'ils soient mais plus particulièrement ceux décrits dans l'inventaire que l'on dressera à cet effet.

Article 2e

Ledit Tousaint Pothier pour sa part consent et s'engage aux termes du présent accord à se servir et à disposer de la propriété susmentionnée attribuée et cédée à son nom selon les dispositions précitées pour le plus grand bien et avantage de ladite entreprise ainsi qu'à liquider tous les biens et avoirs de ladite société en tenant un compte rigoureux et précis à la satisfaction des parties intéressées, étant formellement entendu et convenu qu'il gardera pour lui-même une somme équivalant au plein montant de sa participation sur l'ensemble du produit de la liquidation qui revient à la firme collectivement ou individuellement et qu'il remettra ensuite aux autres parties le solde du produit de la liquidation qui sera réparti entre les parties en cause suivant les modalités qu'elles auront convenues.

En foi de quoi lesdites parties au présent contrat ont apposé leur signature et leur sceau à Saint-Joseph en ce 17e jour de juin 1808 en présence de

Témoins

Signé

Duncan McGillivray
Landreau
[illisible]

Juge Wm. Malliot

Signé

Louis Pothier (LS)
Charles Spinard [sic] (LS)
James Fields (LS)
G. Varin (LS)
Louis Pelladeau (LS)

Je certifie que l'acte instrumentaire qui précède constitue une copie conforme à l'original.

Signé et scellé par mes soins à Saint-Joseph en ce 13 septembre 1808
John Askin Jn.
J.P.W.D.

APPENDICE D. ARTEFACTS DE LA FOUILLE 1H48

John D. Light

La fouille 1H48 comprend un bâtiment mi-souterrain qui jouxte l'atelier de forge du côté sud. Son entrée donne à l'est: comme nous l'avons suggéré dans notre étude, ces deux bâtiments faisaient probablement partie d'un ensemble de bâtiments appartenant à une seule et même compagnie de traite des fourrures. Cette hypothèse ne peut être confirmée ou infirmée que par de nouvelles recherches tant historiques qu'archéologiques; cependant, le côté ouest du bâtiment mi-souterrain a été partiellement fouillé au cours de la saison de fouilles de 1978 et d'après le petit nombre d'artefacts découverts au cours des fouilles, il semble qu'il existe des liens entre les deux bâtiments (fig. 41).

L'inventaire des artefacts mis au jour au cours de la fouille est présenté au tableau 14.

41 Vestiges de la boutique de forge, vue du sud. Remarquez le bâtiment mi-souterrain partiellement fouillé (fouille 1H48) à l'arrière-plan. (Photo: H. Stark.)

Dans la section intitulée "Description des artefacts", nous avons étudié la relation possible entre les tessons du coin sud-ouest de la forge et les tessons du côté ouest du bâtiment mi-souterrain. L'arrière du bâtiment mi-souterrain servait probablement de décharge et il est possible qu'au moins une partie du verre de ce dépotoir ait été éparpillée dans le coin sud-ouest de la forge. Comme on n'a effectué que des fouilles partielles dans le bâtiment mi-souterrain et qu'on n'a pas pu trouver de morceaux se complétant les uns les autres, la question reste à résoudre.

La découverte de 16 morceaux de scories dans le carré de fouille 1H48 n'est pas étonnante si l'on considère la proximité des deux bâtiments. Les scories proviennent cependant de la forge.

Plusieurs objets en métal semblent être liés à la boutique de forge. On a trouvé, par exemple, un morceau de métal qui paraît être de la matière première de fer forgé. Toutefois, sa forme est rectangulaire plutôt que carrée et comme il n'a pas été soumis à l'analyse, il n'est pas possible de certifier s'il s'agit vraiment de matière première. Tout ce qu'on peut affirmer, c'est qu'il a été coupé par un forgeron, tout comme un autre morceau de métal qu'on n'a pu identifier. De plus, il y a un morceau d'alliage de cuivre qui a été coupé avec une cisaille de ferblantier et qui ressemble de près à la ferraille de la forge provenant des travaux d'étamage du forgeron. On y trouve aussi une étrille qui porte à croire que le propriétaire du bâtiment mi-souterrain a pu également avoir des animaux. À l'occasion, le forgeron faisait très certainement des travaux de maréchalerie mais il n'est pas possible de déterminer si les animaux qu'il ferrait appartenaient à Spenard, Fields, Varin et Pelladeau, à une autre compagnie ou aux deux. Une nouvelle fouille du bâtiment mi-souterrain fournira peut-être des renseignements supplémentaires sur les animaux domestiques.

Les restes fauniques de la fouille 1H48 comprennent quatre os et une arête: un os de campagnol, un os de porc, un os de mouton ou de chèvre, un os de grenouille ou de crapaud et une arête d'esturgeon (Cumbaa 1979, p. 44). Des espèces semblables ont été trouvées dans la boutique de forge mais les fouilles ont révélé trop d'éléments pour nous permettre d'effectuer une synthèse sur les liens existant entre les deux bâtiments.

Tableau 14. Inventaire d'artefacts de la fouille 1H48

Matière	Provenance	Nbre	Description
Verre (vitre)	1H48A3	1	
(verre de récipient)	1H48D3	1	
	1H48A3-1	36	Récipient vert foncé, bouteille à boisson, fond piqué moulé par immersion, avec marque de pontil -- aucune forme double -- aucun raccord avec le verre de 1H51
	1H48A3-2	35	Verre au plomb incolore, récipient carré à aliments secs avec chanfreins échancrés et marque de pontil -- moule à deux pièces, couture de moulage en travers du fond -- 18 morceaux se raccordent au fond -- environ 1/3 de la bouteille -- aucun raccord avec le verre de 1H51
	1H48A1 1H48A3 1H48B1	3 19 1	Bouteille d'orangeade Crush, XX^{e} siècle, environ 10 à 15% de la bouteille avec bague, couronne entière - non à sa place - pique-niqueurs
	1H48C2-1	1	Fond de fiole circulaire en verre au plomb incolore avec marque de pontil -- diamètre du fond 2,3 cm
	1H48D6	2	Col de récipient en verre au plomb incolore, récipient à aliments secs possible -- 2 morceaux se raccordant
Scories	1H48A3	1	
	1H48B1	5	
	1H48C3	2	
	1H48D2	6	
	1H48D3	2	
Pipe	1H48A3	2	1 tuyau; 1 fragment de fourneau avec moulure décorative non identifiée -- les deux morceaux sont en argile blanche
Métal	1H48A3-3	1	Bouton en étain -- 41^{e} régiment, diamètre 1,6 cm
	1H48A3-4	7	probablement une étrille, 4 morceaux se raccordant -- rectangulaires, 13,5 x 11 cm
	1H48A3-5	8	Récipient en tôle non identifié, étamé sur un côté avec un joint laminé -- 2 morceaux avec pli en "L" provenant probablement d'un couvercle
	1H48B1-1	1	Anneau circulaire avec trou de clou -- 4 cm de diamètre, 3,6 cm de long; support de manche d'outil possible
	1H48B1	1	Ferraille de tôle
	1H48C2-2	1	Non identifié, clou possible
	1H48D3	1	Ferraille de tôle
	1H48D3-1	1	Déchets d'alliage de cuivre
	1H48D3-2	1	Matières premières possibles de 'orgeron, coupées à chaud, 3,2 x 1,5 x 1,3 cm
	1H48D3-3	1	Non identifié, coupé à chaud
	1H48D4	1	Ferraille de tôle
Faune	Cumbaa 1979, p. 44.		

On peut peut-être expliquer la présence des artefacts découverts dans le bâtiment mi-souterrain par le fait qu'ils se seraient éparpillés à partir de la forge. Mais tant qu'on n'aura pas complètement fouillé le bâtiment, l'intérieur en particulier, il ne sera pas possible de préciser les liens qui existent entre les deux bâtiments. Ces premiers indices nous autorisent à croire, toutefois, que ces bâtiments ne sont pas uniquement liés par la proximité. On découvrira peut-être des outils de forgeron à l'intérieur du bâtiment mi-souterrain ou un dépôt primaire de verre et de céramique permettant de saisir les analogies entre les objets des deux bâtiments. Les restes fauniques pourraient révéler les rapports existants et l'on pourrait même faire des découvertes témoignant de rapports évidents entre les deux bâtiments et les animaux domestiques. Enfin, il n'est pas impossible que l'on découvre d'autres liens insoupçonnés. Il faudra tenir compte de toutes ces possibilités au moment des fouilles ultérieures.

BIBLIOGRAPHIE

Askin, John
John Askin Papers, éd. M. Quaife, Detroit, Detroit Library Commission, 1931, 2 vol., vol. 2.

Bealer, Alex W. et John O. Ellis
The Log Cabin: Homes of the North American Wilderness, Barre (Mass.), Barre Publishing, 1978.

Canada. Archives publiques.
RG4, A1, S series, Lower Canada, Sundries.
RG4, A1, S series, vol. 84.
RG8, C, vol. 253.
RG8, I, vol. 250, 251, 254, 67, 677.

Canada. Archives publiques. Collection nationale de cartes et plans.
H3/450 - St. Joseph's -(1800).

Cumbaa, Stephen L.
"A Study of Military and Civilian Food Remains from Fort St. Joseph, Ontario (1795-1828)", Centre d'identification zooarchéologique, Musée national des Sciences naturelles, Ottawa, 1979.

Fecteau, Rodolphe David
"Archaeobotanical Analysis: Fort St. Joseph (1H). Algoma District, Jocelyn Twp", Museum of Indian Archaeology de l'université de Western Ontario, London, 1979.

Karklins, Karlis
"Structural Analysis of the New Bakehouse Complex and the Southern Traders' Houses at Fort St. Joseph, Ontario", manuscrit classé, Direction des lieux et des parcs historiques nationaux, Parcs Canada, Ottawa, 1978.

Miller, George, L.
"Classification and Economic Scaling of 19th Century Ceramics", Historical Archaeology, 1980, vol. 14, p. 1-40, Ann Arbor, Michigan, The Society for Historical Archaeology.

Nicks, Gertrude C.
"The Archaeology of Two Hudson's Bay Company Posts: Buckingham House (1792-1800) and Edmonton House III (1810-1813)", thèse de maîtrise, université de l'Alberta, Edmonton, 1969.

Russell, Carl P.
Firearms, Traps, & Tools of the Mountain Men, New York, Alfred A. Knopf, 1967.

Schoolcraft, Henry R.
Narrative Journals of Travels From Detroit Northwest Through The Great Chain of American Lakes To The Sources of The Mississippi River in The Year 1820, Albany, New York, E. & E. Hasford, 1821.

Stevens, Wayne
"Fur Trading Companies in the Northwest 1760-1816", Proceedings of the Mississippi Valley Historical Review, 1916-1917, vol. 9, pt. 2.

Unglik, Henry
"Étude métallographique des haches; fort Saint-Joseph, début du XIX^{e} siècle" (présent ouvrage), Ottawa, 1983.

Vincent, Elizabeth
"Fort St. Joseph: A Preliminary Report", manuscrit classé, Direction des lieux et des parcs historiques nationaux, Parcs Canada, Ottawa, 1975.
-----. "The Indian Department", manuscrit classé, Parcs Canada, Région de l'Ontario, sans lieu, s.d.

Wallace, W. Stewart, éd.
Documents relating to the North West Company, Toronto, The Champlain Society, 1934, p. 224.

Wheeler, Robert C., et al.
Voices From the Rapids: An Underwater Search for Fur Trade Artifacts, 1960-73, St. Paul, Minnesota Historical Society, 1975.

Étude métallographique des haches; fort Saint-Joseph, début du XIX^{e} siècle

Henry Unglik

Remerciements 52
Avant-propos 53
Introduction 54
Méthodes et résultats 55
Observations visuelles 55
Examen macroscopique 55
Essais de dureté 55
Analyse chimique 56
Examen microscopique 56
Analyse et interprétation 80
Technique de fabrication des haches 80
Structure et technique 80
Forgeage des lames de fer 84
Traitement thermique des taillants d'acier 84
Méthode de fabrication des haches 85
Cassure des haches 86
Conclusion 88
Glossaire 90
Bibliographie 93

Présenté pour publication en 1980 par Henry Unglik, Direction des lieux et des parcs historiques nationaux, Division de la conservation, Parcs Canada, Ottawa.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements les plus sincères s'adressent à John Light, analyste d'artefacts, Parcs Canada, région de l'Ontario, qui fut le premier à parler de ce projet et à suggérer la publication des résultats.
Nous avons également contracté une dette envers un grand nombre d'autres personnes qui ont collaboré à la préparation du texte et nous remercions en particulier notre collègue John Stewart, spécialiste en conservation, Division de la conservation, Parcs Canada, qui a relu notre manuscrit et nous a présenté de judicieuses suggestions.
Nous remercions également James Moore, spécialiste principal en conservation, Division de la conservation, Parcs Canada, pour ses critiques constructives. Les auteurs des illustrations sont mentionnés dans le texte mais nous tenons à leur exprimer ici notre reconnaissance.

AVANT-PROPOS

Les haches décrites dans la présente étude ont été trouvées en 1978 lors des fouilles d'une forge. Bien que la forge appartînt à un poste de traite des fourrures, on n'y fabriquait pas de haches de façon régulière. Il est toutefois possible que quelques-unes des haches, sinon toutes, aient été fabriquées sur place. L'une des haches décrites dans notre ouvrage, par exemple, portait l'inscription "D" et il est donc possible qu'elle ait été fabriquée par Louis Dufresne, forgeron du ministère des Indiens qui vécut au poste de Saint-Joseph jusqu'à sa mort en 1805. Nous avons donc cru nécessaire de brosser un tableau des procédés de fabrication dans une forge de l'époque de la colonisation. Nous expliquons ainsi dans le détail le travail de fabrication des haches et d'insertion des taillants.

Même si le forgeron ne fabriquait pas de haches, il les réparait. Nous avons trouvé dans la boutique de nombreux taillants détachés et au moins deux des haches décrites dans le présent ouvrage avaient subi ce procédé étant donné que les taillants originaux étaient très petits. Toutes les haches dont il est question ici furent apportées au forgeron pour réparation, ce que nous ne savions pas avant l'analyse métallurgique. On avait d'abord pensé que la personne qui cassait sa hache s'en débarrassait en la lançant au loin de toutes ses forces, et que les haches se brisaient à cause d'un mauvais forgeage. Mais notre analyse a montré qu'au contraire l'on ramassait les morceaux que l'on amenait au forgeron à réparer, car les colons étaient économes et connaissaient la valeur du fer.

Le mauvais forgeage qui faisait que les haches se brisaient soulève d'importantes questions sur le travail de forgeron en général à la fin du XVIII^{e} et au début du XX^{e} siècle au Canada. On ne sait pas si la négligence était ou non généralisée chez les forgerons des régions nouvellement colonisées vers 1800. Nous croyons cependant (mais nous n'avons pas de preuve pour étayer notre opinion) qu'il était sûrement plus lucratif à l'époque pour les bons forgerons, soignés et compétents, de travailler dans les grands centres et que par conséquent ce sont les mauvais forgerons qui acceptaient de travailler dans les coins reculés. Louis Dufresne, par exemple, était un (employé) salarié du ministère des Indiens qui pratiquait illégalement le commerce pour arrondir ses fins de mois. S'il avait été un forgeron de première classe, il aurait gagné plus d'argent à Montréal. Assurément, les haches que nous avons trouvées étaient le produit d'un travail négligé et l'analyse des scories de la forge nous a révélé la même négligence; on peut donc dire qu'au moins deux forgerons de la même région travaillaient mal. Il faudrait faire d'autres études pour avoir une image plus complète du travail des métaux dans les régions nouvellement colonisées et il conviendrait d'effectuer des analyses des objets mis au jour dans des endroits développés pour pouvoir faire des comparaisons. Ces travaux devront s'inscrire dans le sillage du présent ouvrage qui constitue en attendant un travail excellent.

John D. Light

INTRODUCTION

Cinq haches de fer ont été découvertes sur le site archéologique du fort Saint-Joseph en Ontario et envoyées à notre laboratoire pour analyse. Ces haches, toutes fendues sur le côté à la partie supérieure du fer ont été trouvées dans la forge locale où elles ont peut-être été fabriquées.

Nous avons effectué de minutieuses recherches dans le but d'identifier et de caractériser les matériaux dont elles sont constituées, d'examiner et d'interpréter leur structure et leur composition ainsi que de déterminer quels procédés techniques ont été mis en oeuvre lors de leur fabrication. Notre recherche avait également comme objectif d'expliquer pourquoi les haches s'étaient brisées. Ces buts, nous les avons atteints grâce à des observations visuelles, des examens macroscopiques, des analyses chimiques, des essais de dureté, des examens microscopiques et des mesures de microdureté.

Bien que technique, notre étude s'adresse aussi aux non-spécialistes. Elle comporte plusieurs sections portant chacune sur un thème particulier. La section intitulée "Méthodes et résultats" s'intéresse exclusivement aux méthodes utilisées et aux résultats obtenus dans l'analyse métallurgique et nous avons essayé d'interpréter le moins possible les données de manière à permettre à chacun de tirer ses propres conclusions. Dans la section "Analyse et interprétation", les données sont traitées, les résultats sont expliqués et interprétés et plusieurs sujets sont discutés dans le détail. La "Conclusion" est essentiellement un résumé analytique à l'intention des non-spécialistes.

MÉTHODES ET RÉSULTATS

Observations visuelles

La désignation et les dimensions des artefacts que nous avons examinés sont données au tableau 1.

La surface de toutes les haches était gris foncé et fendue sur le côté à la partie supérieure du dos. L'aspect extérieur des haches est illustré à la figure 1 (vue de côté de la fig. 18e de Light 1984, même volume) et à la figure 18a-d de Light 1984 (même volume), tandis que leur forme et leur dimension approximative sont présentées à la figure 7a-e. La partie échancrée et irrégulière de la surface de la brisure (fig. 2, vue de haut de la fig. 18d de Light 1984, même volume) a l'aspect typique d'une cassure due à la fragilité du métal et ne présente aucune trace de déformation plastique. Les haches ont un tranchant aiguisé nettement profilé, à l'exception de l'une d'entre elle (1H51G3-9) dont le tranchant est émoussé. Deux haches (1H51E3-3 et 1H51F5-1) portent l'estampille du forgeron.

Tableau 1. Désignation des artefacts

Description	Provenance	Dimensions max. (cm)
Oeil de hache	1H51C2-1	9 x 6 x 0,8
Fer de hache	1H51D2-1	5 x11 x 1
Fer de hache	1H51E3-3	12 x 8,5 x 2
Fer de hache	1H51F5-1	8 x 10 1,5
Fer de hache	1H51G3-9	10 x 8 x 2

Examen macroscopique

Nous nous sommes servi de l'examen macroscopique (à un grossissement inférieur à x10) pour observer la structure des grandes surfaces. Nous avons pratiqué une coupe longitudinale des fers de haches (perpendiculairement à l'oeil) avec une scie à ruban. La figure 7 montre l'emplacement des plaques. Les plaques ont été préparées de la manière décrite plus loin dans la section "Examen microscopique". Après l'attaque à l'acide, les plaques ont été examinées à l'oeil nu et à faible grossissement à l'aide d'un microscope stéréoscopique.

Pour déterminer l'emplacement des secteurs de fer et d'acier, nous avons traité les plaques avec une solution d'éthanol à 10 pour cent d'acide nitrique. Comme le montre la figure 3, les haches, à l'exception de l'oeil (1H51C2-1), contiennent des zones à faible teneur en carbone (couleur pâle) et à forte teneur en carbone (couleur foncée) (c. à. d. du fer et de l'acier). La techique des haches est illustrée plus nettement à la figure 4 qui représente les zones de réaction à l'acide. Les haches ont des lames de fer à faible teneur en carbone et des taillants d'acier à haute teneur en carbone. Sur l'une des haches (1H51E3-3), on observe une veine (ligne noire continue) traversant longitudinalement le centre de la plaque. Les chiffres encerclés se réfèrent à une macrozone donnée dont la structure microscopique est décrite dans le détail plus loin.

La distribution du phosphore aide également à déterminer à quelle technique nous avons affaire. Pour mettre en évidence le phosphore des haches, nous avons utilisé le réactif Oberhoffer (30g de $FeCl_3$, 1 g de $CuCl_2$, 0,5 g de $SnCl_2$, 50 mL de HCl, 500 mL d'éthanol et 500 mL d'eau distillée). Ce réactif noircit les zones pauvres en phosphore mais ne modifie pas les régions riches en phosphore, qui restent pâles. Nous présentons le schéma à la figure 5. Une des haches (1H51G3-9) a une teneur relativement élevée en phosphore, une autre (1H51D1-1) contient du fer riche en phosphore et les trois autres ont une structure en bandes comprenant des couches riches en phosphore et d'autres pauvres en phosphore.

Essais de dureté

Les mesures de dureté ont été prises sur une plaque transversale polie et légèrement traitée à l'acide, coupée perpendiculairement

Tableau 2. Dureté moyenne des haches

Provenance	Partie de la hache	Matériau	Dureté Brinell HB10/3000	Rockwell B HRB	Rockwell C HRC	Dureté Brinell HB/3000
1H51C2-1	Œil	Faible teneur en carbone	1	62	-	111
1H51D1-1	Lame	Fer forgé à faible teneur en carbone	1 à 5	86	-	148
	Taillant rapporté	Acier (éq.: AISI 1) teneur moyenne en carbone	2	96	-	186
			5	-	46	393
1H51E3-3	Taillant rapporté	Acier trempé à haute teneur en carbone	2	-	-	380
	Lame	Fer corroyé - faible à faible teneur en carbone	1	61	-	130
	Lame	Fer corroyé - faible à faible teneur en carbone	2	93	-	174
	Taillant rapporté	Acier trempé à haute teneur en carbone	3	-	62	767
1H51F3-1	Lame	Fer forgé à faible teneur en carbone	1	66	-	130
	Taillant rapporté	Acier à haute teneur en carbone	2	96	-	204
	Taillant rapporté	Acier trempé à haute teneur en carbone	5	-	46	393
1H51G3-9	Lame	Fer forgé à faible teneur en carbone	1	62	-	119
	Taillant rapporté	Acier à haute teneur en carbone	2	96	-	183

au tranchant de la hache. Pour les essais de dureté nous avons utilisé la méthode de Rockwell conformément à l'American Society for Testing and Materials (ASTM), norme E18-74. Une bille d'un diamètre de 1/16 po sous une charge de 100 kg (Rockwell B) a été utilisée pour les endroits de fer et d'acier doux et une pyramide en diamant sous une charge de 150 kg (Rockwell C) a été utilisée pour les zones en acier relativement dur. Le nombre d'empreintes dépendait de la taille et du nombre de zones différentes découvertes lors de l'examen macroscopique. Les mesures Rockwell B et Rockwell C obtenues lors des essais ont été converties à la norme Brinell HB10/3000 (Dureté Brinell, DB) jugée de dureté équivalente (ASTM norme E 140-72 de l'ASTM). Les résultats des essais de dureté figurent au tableau 2 et la distribution de la dureté sur la coupe transversale de chaque hache est illustrée à la figure 6.

Le tableau 2 et la figure 6 montrent que la dureté varie énormément d'une zone à l'autre, pour chaque hache, en raison de l'hétérogénéité de leur composition (teneur en carbone en particulier) et de leur structure. Cette observation est corroborée par la comparaison entre la figure 4 et la figure 6 qui montre que les zones riches en carbone sont de beaucoup plus dures que les zones à faible teneur en carbone. Comme nous le verrons plus loin, la grande dureté de la plupart des taillants d'acier (haches 1H51D1-1, 1H51E3-3 et 1H51F5-1) provient d'une structure obtenue par traitement thermique. Signalons également que la dureté des taillants d'acier décroît graduellement au fur et à mesure que l'on s'éloigne du tranchant. Le tableau 2 montre que la dureté moyenne des parties en fer forgé est de 120 DB, celle des parties d'acier de 200 DB et celle des parties d'acier trempé de 380 DB.

Analyse chimique

L'analyse chimique des haches a été confiée à la firme Bondar-Clegg and Company Ltd., d'Ottawa. Des échantillons ont été prélevés sur chaque lame (à la surface de cassure) et sur deux taillants d'acier (sur le tranchant) comme le montre la figure 7. Les résultats de l'analyse chimique sont présentés au tableau 3. À des fins de comparaison, nous avons présenté également les compositions typiques du fer de Suède, du fer forgé moderne et de l'acier moderne.

Tableau 3. Composition chimique des haches

Provenance	Partie de la hache	Matériau	Composition (%) C	Mn	Si	P	S
1H51D1-1	Lame et tranchant	Fer forgé et acier	0,36	0,02	0,04	0,22	0,07
1H51E3-3	Lame	Fer corroyé	0,28	0,01	0,04	0,08	0,02
	Taillant	Acier	0,53	0,04	0,06	0,09	0,02
1H51F3-1	Lame	Fer forgé	0,01	0,009	0,03	0,07	<0,005
	Taillant (dur)	Acier	0,80	0,03	0,03	0,03	0,01
1H51G3-9	Lame	Fer forgé	0,10	0,05	0,04	0,22	0,03
Fer de Suède Danemora (Percy 1864: 736)			0,034	trace	0,028	trace	0,035
Fer forgé moderne (Avner 1964: 313)			0,08	0,015	0,14	0,06	0,01
Acier moderne (AISI 1961: 62)			0,1-0,8	0,4-1,5	0,2-0,3	0,04	0,05

Le tableau 3 indique que la teneur en carbone, comme nous nous y attendions, est faible pour le fer forgé et forte pour l'acier. La teneur en carbone élevée dans deux lames (1H51D1-1 et 1H51E3-3) correspond à la moyenne des zones de fer et d'acier. La teneur en éléments autres que le carbone est très faible (à l'exception de la teneur relativement élevée en phosphore des lames 1H51D1-1 et 1H51G3-9), ce qui indique que les haches ont été fabriquées à partir des matériaux très purs et de bonne qualité dont la composition est comparable à celle du meilleur fer de Suède, du fer forgé et de l'acier moderne.

Examen microscopique

Pour l'examen microscopique, nous avons prélevé trois spécimens de chacune des haches (sauf l'oeil de la hache 1H51C2-1): un sur la lame à la surface de la cassure, un sur le centre du fer et un autre sur le taillant rapporté à l'arête tranchante. La figure 7a-e, montre l'emplacement des plaques. Ces

dernières ont été obtenues par découpage des macrospécimens à l'aide d'une scie à lame de diamant à faible vitesse puis montées à froid dans une résine époxyde. Après avoir été poncées avec du papier abrasif de plus en plus fin (nos 240, 320, 400 et 600), les plaques ont été polies avec un tissu de nylon sans poil enduit de pâte de diamant de 6-µm puis avec un tissu de velours à poils moyens enduit d'une pâte de diamant de 1-µm et enfin avec un tissu de rayonne à poils longs enduit d'une boue d'alumine gamma de 0,05-µm.

On a traité les spécimens avec une solution à 4 pour cent de nital (solution d'acide nitrique dans de l'alcool éthylique) pour faire ressortir leur structure et avec le réactif Oberhoffer pour mettre en évidence le phosphore. Les spécimens polis et traitées à l'acide ont ensuite été examinés au microscope à lumière réfléchie à des grossissements de 50, 100, 500 et 1000 fois. On a pris des micrographies des spécimens pour compléter l'examen métallographique. La grosseur des grains a été déterminée à l'aide des procédés de comparaison de la norme E912-74 de l'ASTM. La dureté relative des microcomposantes a été mesurée grâce à un microduromètre de type Vickers muni d'un pénétrateur à pointe pyramidale en diamant, sous une charge de 100 kg (Dureté Vickers, DV).

L'examen microscopique nous a révélé que plusieurs zones avaient réagi différemment dans chacune des haches. La microstructure de ces zones est décrite et illustrée par des micrographies auxquelles correspondent les chiffres encerclés dans le schéma de la figure 4.

Oeil de hache 1H51C2-1

Le matériau de l'oeil de la hache (1H51C2-1) qui ne comporte pas de scories est d'une pureté surprenante et ressemble à l'acier doux moderne, plutôt qu'au fer forgé.

Masse de métal (zone 1, fig. 4). La plus grande partie du matériau est constituée de gros grains de ferrite équiaxes de taille nº 5 ASTM (fig. 14) où la ferrite est presque du fer pur, ayant une teneur en carbone de moins de 0,025 pour cent. Un grossissement plus fort a fait nettement ressortir, dans cette structure de faible dureté (122 DV_{100}) pauvre en carbone, la présence de minces pellicules de cémentite se trouvant à la limite des grains élargis (fig. 15). Nous avons également noté la présence d'une structure en bandes dans l'oeil de la hache qui correspond à la concentration du phosphore, ce dont nous reparlerons un peu plus en détail plus loin.

Rebords de surface (zones 2 et 3). La structure de la surface de l'oeil est différente de celle du centre. Les rebords d'environ 2 mm de large de la surface externe (zone 2) et de la surface interne (zone 3) ont une teneur en carbone plus élevée et contiennent, outre les grains de ferrite, quelques poches de perlite qui foncent à l'acide. La perlite, qui a une teneur élevée en carbone (env. 0,8 % de C), est beaucoup plus dure que la ferrite, comme le montre la microdureté comparée de chacune des deux composantes, soit de 184 DV_{100} pour la perlite contre seulement 122 DV_{100} pour la ferrite.

Sur la surface externe (zone 2), la structure présente une texture de ferrite de type Widmannstätten dans une matrice de perlite (fig. 23). La ferrite s'y présente aux anciennes limites des grains d'austénite (à la phase de haute température) et sous forme de plaques à l'intérieur des grains. Nous avons également observé la présence de zones de ferrite (ASTM nº 7) avec des poches de perlite. À la surface interne (zone 3), la structure du tissu est faite de grains de ferrite équiaxes fins (ASTM nº 9), et de petites poches de perlite d'environ 0,15 pour cent de C (fig. 17 et 18). Certaines parties du rebord, composées uniquement de perlite, ont été accidentellement carburées dans la forge lorsqu'elles sont entrées en contact avec le charbon de bois.

Fer de hache 1H51D1-1

De par sa structure hétérogène, le fer de la hache 1H51D1-1 semble avoir été fabriqué avec différents morceaux de métal, soit une lame en fer forgé (zones 1 et 3), un lingot en acier (zone 2) et un taillant en acier trempé (zone 4).

Lame en fer forgé (zones 1 et 3). L'examen métallographique a montré que la structure de la lame était typique du fer forgé puisqu'elle était composée de ferrite équiaxe (149 DV_{100}) avec une quantité importante d'inclusions de scories réparties de façon irrégulière. Ces

scories de grosseur moyenne, même si elles sont étirées dans la direction de la déformation plastique dominante, sont plutôt compactes et du même genre que certaines des scories de la figure 9. Elles comportent surtout une structure double, avec probablement des dendrites de wustite (FeO) dans une matrice de fayalite ($2FeO\text{-}SiO_2$). Nous notons une grande variation dans la grosseur des grains et une certaine variation dans la teneur en carbone. Dans la zone 1, les grains de ferrite sont de dimension moyenne (ASTM, nº 5), et dans la zone nº 3 les grains sont gros (ASTM nº 2) (fig. 14).

Lingot intérieur en acier (zone 2). Une bande de métal à teneur en carbone moyenne sépare les zones 1 et 3 à faible teneur en carbone. À cet endroit, des grains de ferrite très fins (ASTM nº 9) sont mêlés à un nombre sensiblement égal de petites poches de perlite signalant ainsi la présence d'environ 0,4 pour cent de carbone (fig. 19 et 20).

Taillant d'acier rapporté recouvrant l'un des côtés (zone 4). Le tranchant présente une structure tout à fait différente de celle des autres parties de la hache. Bien qu'un faible grossissement nous révèle une texture ressemblant à de la perlite, un grossissement plus fort nous montre clairement qu'il s'agit d'une structure nervurée dure (568 DV_{100}) comportant quelques scories (fig. 26). Cette structure appellée bainite supérieure ou nervurée ne peut se former que lorsqu'on passe rapidement d'une température élevée à une basse température. Sa présence donne à penser qu'on a augmenté la dureté du taillant d'acier par traitement thermique. Par contre, plus loin du tranchant, la bainite de dureté très élevée disparaît et, à une distance d'environ 25 mm, la structure consiste entièrement de perlite sorbitique très fine (383 DV_{100}). Si l'on s'éloigne encore de quelques millimètres à l'intérieur, on observe la présence de perlite et de ferrite normales. Plus près du taillant d'acier, la texture est celle de la perlite fine (322 DV_{100}) avec seulement quelques traces de ferrite. Avec letraitement thermique, la dureté globale du taillant d'acier a augmenté considérablement pour atteindre 370 DB par rapport à la dureté de l'acier non traité à la chaleur qui est de 200 DB.

Les morceaux de métal formant le fer de la hache ont été réunis par la soudure par forgeage à haute température. Ceci est attesté par la présence de coutures caractéristiques séparant chacune des zones, l'apparition d'un chapelet de très petites scories ovales ou légèrement allongées dans certaines coutures, la présence de grosses scories dans les zones contiguës ainsi que par la technique de soudage tout à fait normale (c.à.d., la répartition du métal dur et du métal doux). La figure 29, par exemple, montre la transition entre le lingot d'acier et la lame de fer sous forme d'une couture de séparation. La zone de transition, entre l'acier trempé (le taillant rapporté) et le fer doux (la lame) soudés ensemble, est illustrée sur les figures 31 et 32.

Fer de hache 1H51E3-3

Comme dans le cas précédent, le fer de la hache 1H51E3-3 comprend un taillant d'acier traité à la chaleur (zone 3) mais qui est ici soudé à une lame de fer corroyé (zones 1 et 2).

Lame de fer corroyé (zones 1 et 2). Le matériau de la lame comporte de nombreux cordons de scories à composante unique et à double composante. Les scories varient en grosseur. La plupart d'entre elles sont très longues (fig. 11), un grand nombre sont grosses ou moyennes (fig. 9) et quelques-unes sont énormes (fig. 10). Avec un grossissement élevé, nous avons pu trouver la structure des scories à deux composantes (fig. 12) et celle des scories à composante unique d'un noir uniforme (fig. 13). Les scories à deux éléments comprennent des dendrites blanches de wustite dans une matrice de verre de fayalite grise.

Le traitement au nital a dévoilé que la lame présente la structure en faisceaux caractéristique du fer corroyé comprenant plusieurs lamelles dont la teneur en carbone varie considérablement, de moins de 0,1 pour cent à environ 0,8 pour cent. La lame a été fabriquée à partir de six bandes d'acier et de fer. Les bandes d'acier à haute teneur en carbone contiennent de la perlite et de la ferrite dans l'espace intergranulaire; les bandes d'acier à teneur moyenne en carbone contiennent de la ferrite mêlée à des poches de perlite; et les bandes de fer à faible teneur en carbone contiennent uniquement de la ferrite. Les bandes de ferrite sont particu-

lièrement riches en scories s'étendant dans la direction de la déformation plastique dominante. Les relevés de dureté de 72 à 169 DB correspondent aux diverses quantités de perlite et de ferrite. Comme on peut le voir à la figure 4, une couture de soudage comportant de petites inclusions de scories parcourt la lame sur toute sa longueur et la divise en deux. Le traitement de la lame au réactif Oberhoffer a mis en évidence son contenu en phosphore variable sous la forme d'une structure en ruban assez prononcée. Des bandes alternativement riches et pauvres en phosphore suivent une direction parallèle à celle de la déformation (fig. 19). Étant donné que le phosphore augmente la dureté, nous n'avons pas été surpris de voir que la microdureté de la ferrite pauvre en phosphore était de 118 DV_{100} tandis que celle de la ferrite riche en phosphore était de 207 DV_{100}.

Dans les bandes d'acier dur (zone 1) la ferrite forme une enveloppe mince autour de la perlite (fig. 21 et 22) ou bien elle apparaît sous forme de bloc. La figure 30 illustre deux de ces morceaux d'acier soudés l'un à l'autre dont la couture caractéristique contient un chapelet de scories très petites et de grands cordons de scories dans la zone adjacente. Dans certaines zones de la lame, ce n'est pas de la perlite, mais bien la ferrite (123 DV_{100}), qui est la composante prédominante. En général, la perlite (192 DV_{100}) est en partie composée de corps globulaires (fig. 24), ce qui porte à croire que le métal a été chauffé à 600-700°C pendant plusieurs heures. La structure de la bande de fer à faible teneur en carbone (zone 2) est en gros celle du fer forgé à faible teneur en phosphore avec des grains de ferrite équiaxes de grosseur moyenne (ASTM nº 5) et un grand nombre de grosses scories. Cette bande, dont la dureté n'est que de 75 DB, est extrêmement douce. La dureté de la bande d'acier mi-dur avec 145 DB est plus élevée. On notera aussi la présence de quelques poches de perlite dans la bande de fer près de la bande d'acier probablement en raison du déplacement du carbone de la partie la plus fortement carburée (l'acier) vers la partie en fer. Une partie importante de la surface gauche de la lame est carburée. Le taux de variation de la teneur en carbone perpendiculaire à la surface carburée est due à la carburation accidentelle dans la forge.

Taillant d'acier inséré (zone 3). Comme pour la hache 1H51D2-1, la structure du tranchant de la hache qui nous intéresse est celle de l'acier traité thermiquement et elle change graduellement à mesure que l'on s'éloigne du tranchant. La présence de la bainite nervurée (609 DV_{100}) se limite à la petite zone de l'extrémité tranchante de la hache (fig. 26). Vient ensuite une grande zone comprenant de la perlite monolithe, presque sans structure, que l'on pourrait désigner par les termes de perlite sorbitique (fig. 25), dont la dureté est élevée 402 DV_{100}, mais pas autant que celle de la bainite supérieure. En s'éloignant davantage du bord, la composante principale reste toujours la perlite lamellaire plus douce (234 DV_{100}) avec une quantité importante de ferrite. Le taillant d'acier contient aussi une quantité considérable de petites inclusions allongées (fig. 8). La zone de soudure par forgeage du taillant d'acier traité à la chaleur et de la lame de fer corroyé (bande d'acier) présente une couture nettement visible (fig. 33 et 34).

Fer de hache 1H51F5-1

Le fer de la hache 1H51F5-1 est composé de trois morceaux de métal, soit une lame en fer forgé (zone 1) et deux taillants d'acier, dont l'un a été traité à la chaleur (zone 3) et l'autre pas (zone 2).

Lame en fer forgé (zone 1). La composante prédominante de la lame est de la ferrite équiaxe (135 DV_{100}), dont la grosseur varie du nº 7 au nº 4 de l'ASTM avec quelques poches de perlite (fig. 17 et 18). Nous y trouvons une grande quantité de cordons de scories à double composante, souvent de grande taille (fig. 10) ainsi que des scories à composante unique. L'une des surfaces de la lame est légèrement carburée et présente une texture géométrique de type Widmannstätten. La structure rubanée n'est pas aussi nette que celle de la lame de la hache 1H51E3-3.

Taillant d'acier inséré (zone 2). Ce taillant d'acier, contrairement à celui décrit ci-après, n'a pas été durci à la chaleur. La structure de la zone près du tranchant est constituée de perlite fine (309 DV_{100}) et de traces de ferrite. Nous avons observé par ailleurs dans la partie restante du taillant d'acier de la

perlite grossière (213 DV_{100}) avec des enveloppes de ferrite (fig. 21 et 22).

Taillant d'acier rapporté recouvrant l'un des côtés (zone 3). Ce taillant d'acier doit sa structure à un traitement thermique. Comme pour les autres haches, nous avons observé une variation graduelle de la microstructure sur toute la longueur du taillant d'acier. Des cordons de scories à simple ou double composante se rencontrent sur toute la surface (fig. 9). La présence de la bainite nervurée (543 DV_{100}) s'observe dans les premiers 10 mm à partir du taillant. Un peu plus loin, la perlite sorbitique (407 DV_{100}) devient la composante prédominante et encore plus loin nous observons des traces de ferrite. Dans la zone située près de l'extrémité opposée du taillant d'acier, la microdureté de la perlite diminue considérablement. Même si à 305 DV_{100} elle est sensiblement plus élevée que celle de la perlite grossière, elle reste néanmoins plus basse que celle de la perlite sorbitique.

Des coutures de soudure pâles, peu attaquées par l'acide, délimitent nettement les deux taillants d'acier. La figure 31, par exemple, montre la transition entre la lame d'acier soudée par forgeage et le taillant d'acier durci. La figure 32 présente le détail de la zone de transition à un grossissement plus fort. Du côté gauche on aperçoit une zone pâle légèrement carburée, quelques bandes de scories à composante unique suivies d'une couture comprenant un chapelet de petites scories ovales et, du côté droit, une zone foncée à forte teneur en carbone (acier traité thermiquement). Nous notons également la présence dans la lame de fer d'une couture d'environ 1 cm de long qui aboutit au taillant d'acier non traité à la chaleur. La partie de fer située entre deux taillants d'acier a une structure de ferrite en colonnes irrégulières avec des poches de perlite.

Fer de hache 1H51G3-9

Le fer de la hache 1H51G3-9 est fabriqué de deux pièces de métal, une lame en fer forgé à forte teneur en phosphore (zone 1) et un petit taillant d'acier (zone 2) non durci par traitement thermique.

Lame de fer forgé (zone 1). La structure de la lame, typique du fer forgé, consiste en un mélange de bandes de scories dans une matrice de grains de ferrite équiaxes (ASTM nº 6). Les nombreux cordons de scories ont surtout une structure à double composante et parfois à composante unique. Ces inclusions sont distribuées de manière hétéroclite et varient en dimension de moyennes à grandes et très grandes (fig. 9 et 10). Le réactif Oberhoffer n'ayant pas noirci le fond, nous en avons déduit que le contenu en phosphore était élevé, ce qui a été confirmé par la dureté exceptionnellement élevée de la ferrite, de 182 DV_{100}, qui est due presque exclusivement au phosphore. Nous avons aussi relevé dans la lame des filets à teneur en carbone légèrement plus élevée contenant de la ferrite avec des poches de perlite dont la présence est sans doute attribuable à la carburation primaire à l'état liquide. On a également constaté dans cette lame une carburation secondaire, sous forme de surfaces carburées localisées.

Taillant d'acier inséré (zone 2). Contrairement aux autres haches dont les taillants d'acier sont relativement grands (et traités à la chaleur), le tranchant de la hache 1H51G3-9 est formé du gros bout d'un petit taillant d'acier d'environ 10 x 2 mm. La figure 27 l'illustre bien et montre à un faible grossissement l'extrémité opposée du taillant d'acier entourée de fer faiblement carburé. Nous observons aussi une variation soudaine dans le nombre de bandes de scories dans la zone voisine du taillant d'acier. Les zones de transition entre la zone fortement carburée (acier) et les zones faiblement carburées (fer), des deux côtés du taillant, sont mises en lumière par un grossissement plus fort à la figure 28. La structure du taillant d'acier lui-même est celle de la perlite. À un grossissement encore plus fort, les lamelles de perlite grossières sont facilement repérables (fig. 22). Les couches alternantes de ferrite et de cémentite sont disposées en colonies à l'intérieur desquelles les lamelles sont plus ou moins parallèles et uniformément espacées. Cette structure rend compte de la dureté généralement faible du taillant d'acier (185 DB seulement) et indique qu'on n'a pas pris la peine de durcir le tranchant par traitement thermique.

Les résultats présentés dans le présent chapitre sont résumés au tableau 4 qui reprend les caractéristiques et les particularités techniques propres aux haches que nous venons d'examiner.

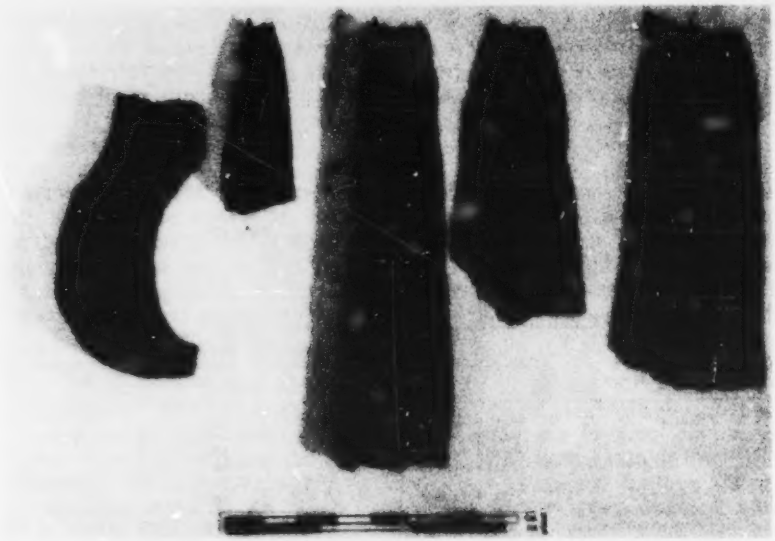
Tableau 4. Caractéristiques et particularités techniques des haches provenant du fort Saint-Joseph

Provenance	Partie de la hache	Macro-zone (fig. 4)	Matériau	Macrostructure (C-carbone) (P-phosphore)	Dureté (Brinell)
Oeil de hache IH51C2-1	Masse	1	Acier doux (fer)	Très pauvre en C, pauvre en P	86
	Bordure de surface	2 & 3	Acier doux (fer)	Structure rubanée Pauvre en C, pauvre en P	126
Fer de hache IH51D1-1	Lame	1 & 3	Fer forgé	Très pauvre en C, riche en P	162
	Lingot inséré	2	Acier	Moyen en C, pauvre en P	204
	Taillant de 35 x 5 mm superposé sur l'un des côtés	4	Acier	Riche en C	372
Fer de hache IH51E3-3	Lame	1	Fer corroyé - bande fortement carbonée	Moyen en C, structure rubanée	145
		2	Fer corroyé - bande faiblement carbonée	Très pauvre en C, pauvre en P	75
	Taillant inséré de 40 x 3 mm	3	Acier	Riche en C	382
Fer de hache IH51F5-1	Lame	1	Fer forgé	Pauvre en C, pauvre en P, structure rubanée	114
	Taillant inséré de 30 x 4 mm	2	Acier	Riche en C	216
	Taillant de 30 x 4 mm superposé sur l'un des côtés	3	Acier	Riche en C	372
Fer de hache IH51G3-9	Lame	1	Fer forgé	Très pauvre en C, riche en P	119
	Taillant inséré de 10 x 2 mm	2	Acier	Riche en C	185

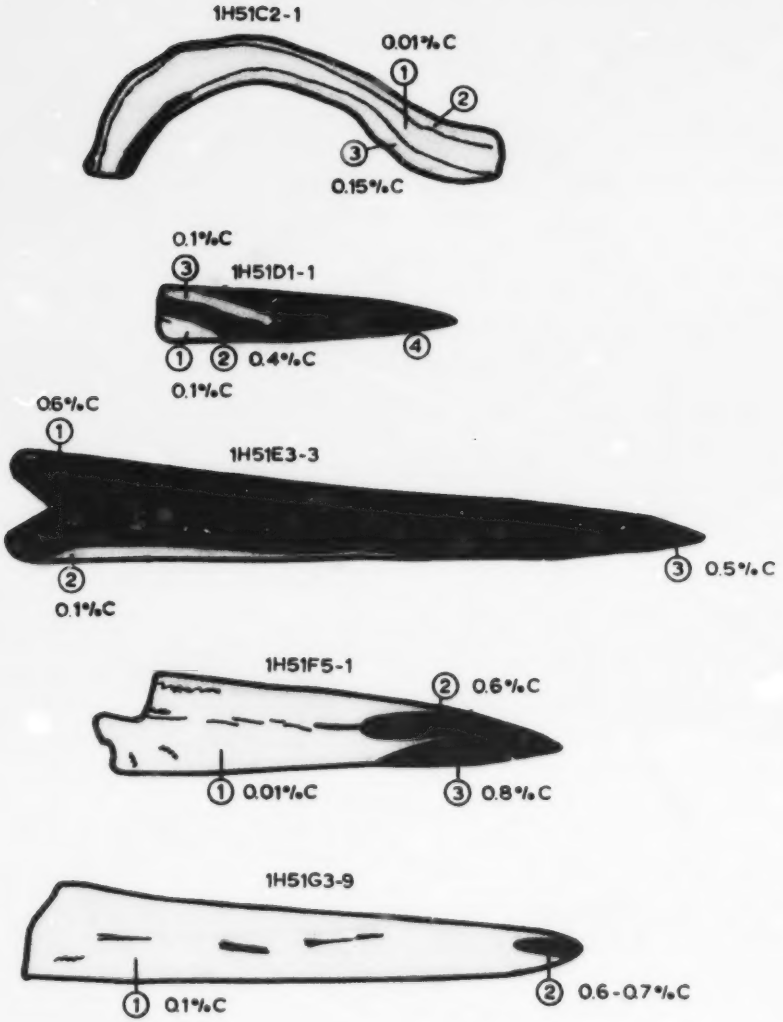
Partie de la hache	Microstructure				Composition (%)				
	Scories	Principaux constituants	Dimension des grains (ASTM n°)	Micro-dureté DV_{100}	C	Mn	Si	P	S
Masse	Néant	Ferrite, équiaxe Pellicules de cémentite	5	122					
Bordures de surface	Néant	Ferrite, équiaxe Un peu de perlite	7 & 9	122 184	-	-	-	-	-
Lame	Beaucoup, moyennes	Ferrite, équiaxe	5 & 2	149					
Lingot inséré	Quelques-unes, petites	Ferrite, équiaxe Perlite	9	149	0,34	0,02	0,04	0,22	0,07
Taillant de 35 x 5 mm superposé sur l'un des côtés	Beaucoup, petites	Bainite supérieure* Perlite sorbitique Perlite et ferrite		568 383	-	-	-	-	-
Lame	Beaucoup, très longues, grosses et moyennes	Perlite		209					
		Ferrite, équiaxe Pauvre en phosphore Riche en phosphore		118 207	0,28	0,01	0,04	0,08	0,02
	Nombreuses, grosses	Ferrite, équiaxe Pellicules de cémentite	5	123					
Taillant inséré de 40 x 3 mm	Beaucoup, petites	Un peu de bainite supérieure Perlite sorbitique* Perlite (et ferrite)		609 402 234	0,53	0,04	0,06	0,09	0,02
Lame	Nombreuses, grosses et moyennes	Ferrite, équiaxe Un peu de perlite	7 & 4	135	0,01	0,009	0,05	0,07	0,005
Taillant inséré de 30 x 4 mm	Quelques-unes	Perlite fine*		309	-	-	-	-	-
Taillant de 30 x 4 mm superposé sur l'un des côtés	Nombreuses	Perlite (et ferrite) Bainite supérieure* Perlite sorbitique Perlite fine		213 543 407 305	0,8	0,03	0,03	0,05	0,01
Lame	Nombreuses, longues, grosses et moyennes	Ferrite, équiaxe (Riche en phosphore)	6	182	0,1	0,05	0,04	0,22	0,03
Taillant inséré de 10 x 2 mm	Quelques-unes	Perlite* Réseau de ferrite	5	215	-	-	-	-	-

1 Oeil de hache 1H51C2-1. (Photo: G. Vandervlugt.)

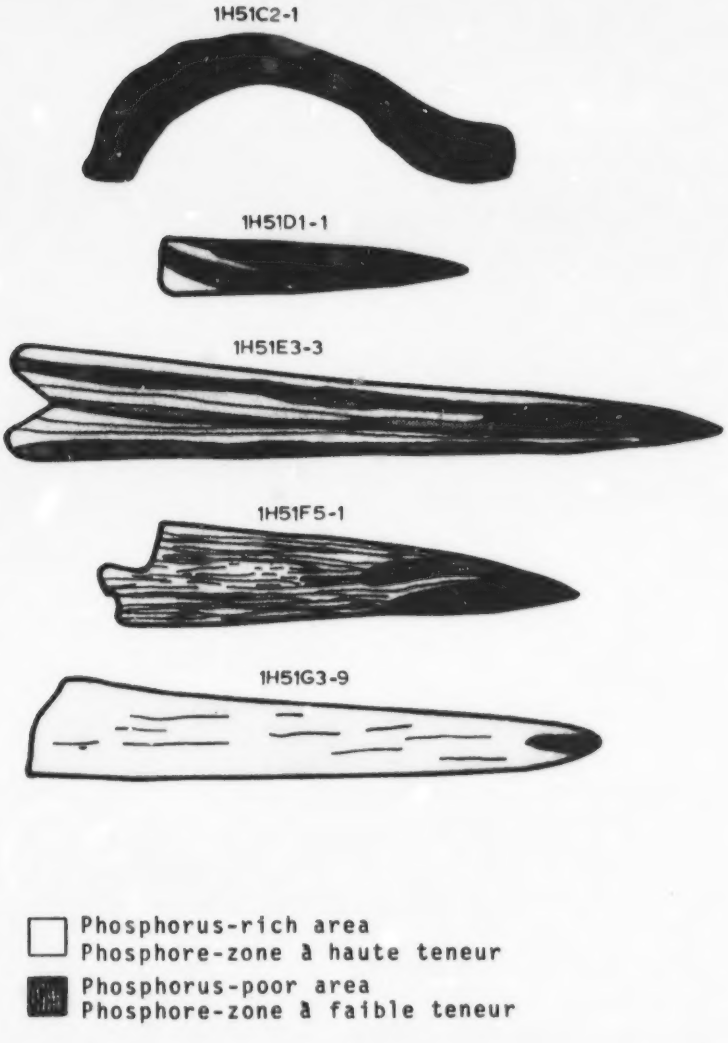
2 Aspect typique de la surface de cassure d'une hache. (Photo de l'auteur.)



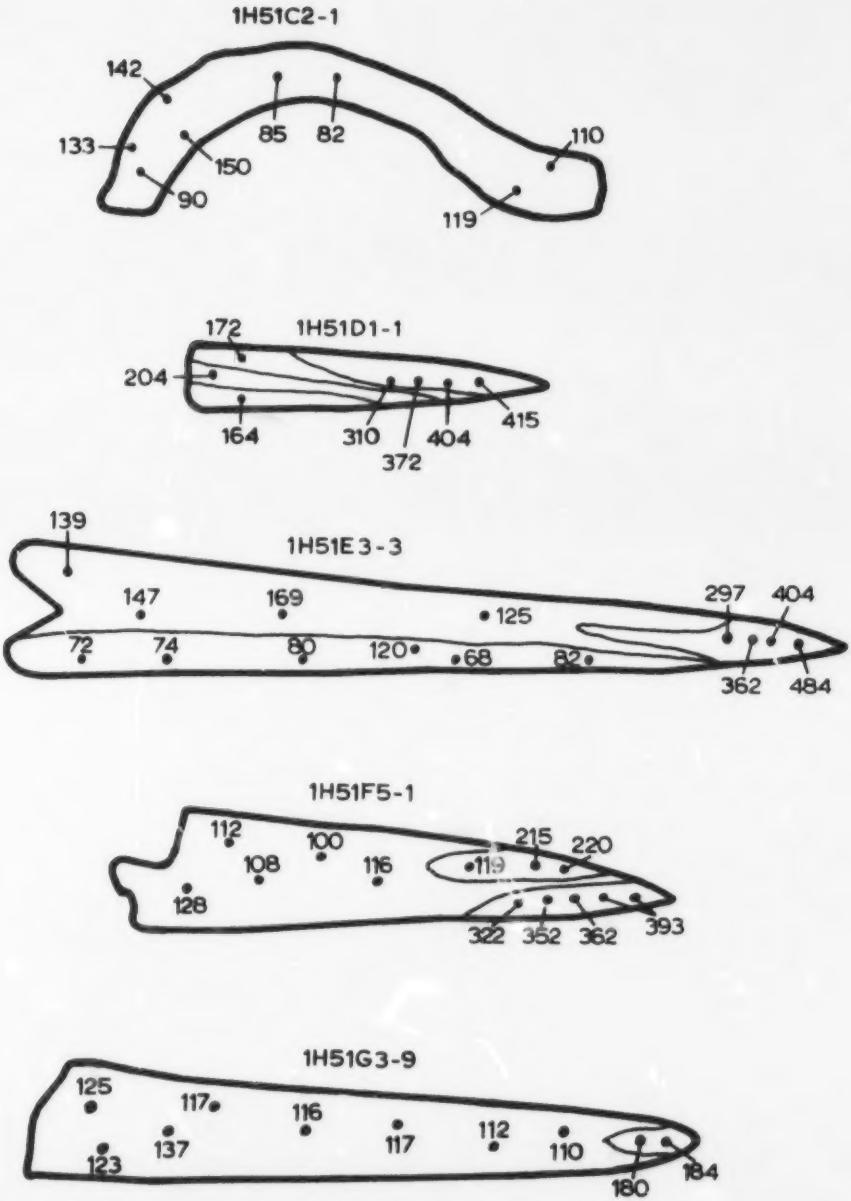
3 Plaques traitées avec une solution de 10 pour cent d'acide nitrique. Macrostructure des haches montrant des zones pâles à faible teneur en carbone (fer) et des zones foncées à haute teneur en carbone (acier). De gauche à droite: 1H51C2-1, 1H51D1-1, 1H51E3-3, 1H51F5-1 et 1H51G3-9. (x0,5)



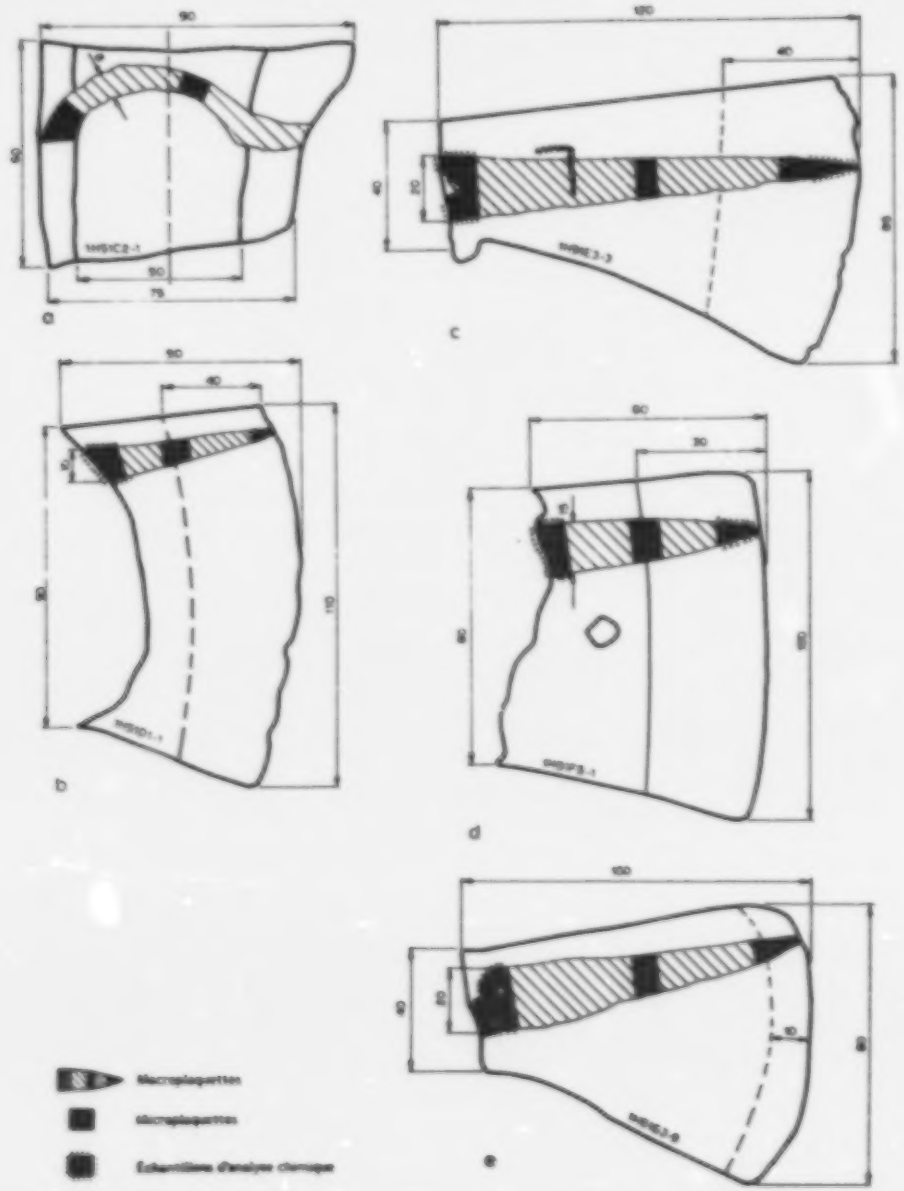
4 Technique des haches: distribution du carbone révélée par la solution de 10 pour cent d'acide nitrique. (Dessin: J. Renaud.)



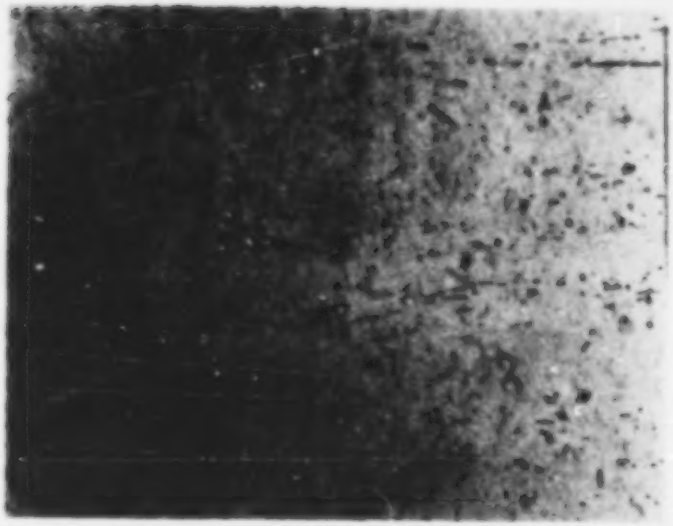
5 Technique des haches: distribution du phosphore révélée par traitement au réactif Oberhoffer (les zones noires sont des taillants de hache). (Dessin: J. Renaud.)



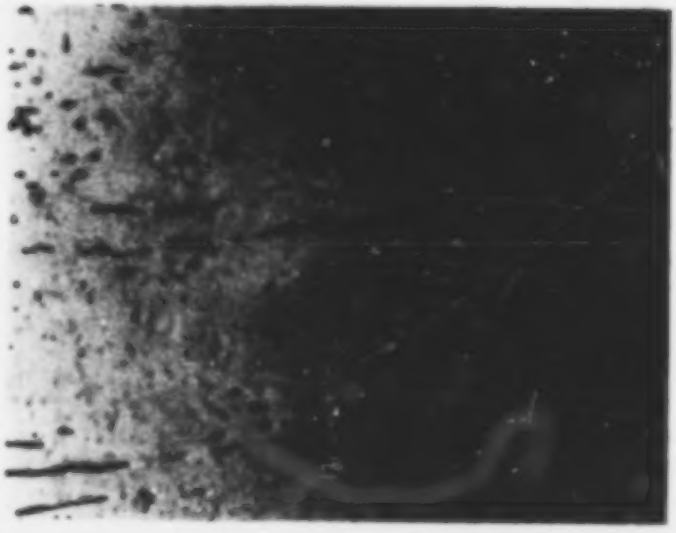
6 Distribution de la dureté (Brinell) sur les coupes longitudinales des haches. (Dessin: J. Renaud.)



7 Dessins des haches montrant l'emplacement des prélèvements d'échantillons pour l'examen (dimensions approximatives). a, oeil de hache 1H51C2-1; b, fer de hache 1H51D1-1; c, fer de hache 1H51E3-3; d, fer de hache 1H51F5-1; e, fer de hache 1H51G3-9. La forme et l'emplacement des sections prélevées sur les haches sont représentés au moyen de plaques retournées superposées à la vue latérale des haches. (Dessin: J. Renaud.)

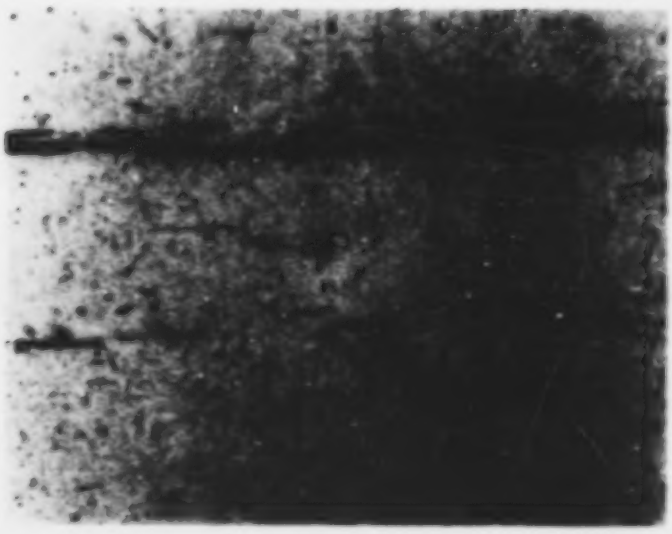


8 Échantillon poli (mais non traité à l'acide). Petites inclusions de scories (noires) à un seul élément. (x85)



9 Échantillon poli (mais non traité à l'acide). Traînées de scories de petites et moyennes dimensions (grises) avec une structure à deux éléments. (x85)

10 Échantillon poli (mais non traité à l'acide). Traînées de grosses scories (grises) à deux éléments. (x85)



11 Échantillon poli (mais non traité à l'acide). Traînées de scories très longues et minces (noires) à un seul élément. (x85)

12 Échantillon poli (mais non traité à l'acide). Structure de scories à deux éléments résolue par un grossissement élevé. Dendrites de wustite (pâle), colonnes de fayalite (grise) et matrice de verre (foncé). (x425)

13 Échantillon poli (mais non traité à l'acide). Structure de scories à un élément résolue par un grossissement élevé. Traînées vitreuses uniformément noires à un seul élément. (x425)

14 Structure de fer de moins de 0,05 pour cent de carbone (lent refroidissement). Gros grains de ferrite équiaxes (pâle) avec espaces intergranulaires bien délimités (lignes foncées). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital pour produire un contraste. (x85)

15 Structure de la figure 14 à un grossissement plus fort. Minces pellicules de cémentite résolue dans l'espace intergranulaire de la ferrite. Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x850)

16 Structure rubanée de fer forgé. Ruban de ferrite riche en phosphore (pâle) et pauvre en phosphore (foncé), traînées de scories (noires). Échantillon traité au réactif Oberhoffer. (x40)

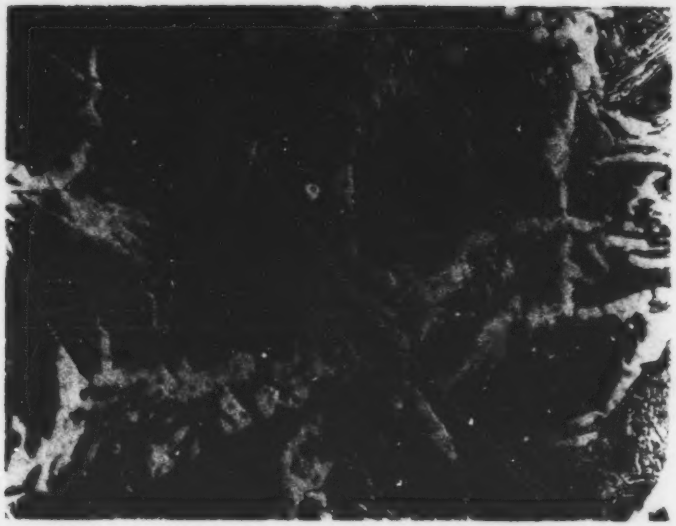
17 Structure de fer avec environ 0,15 pour cent de carbone (refroidissement relativement rapide). Grains de ferrite fins (pâle) avec quelques poches de perlite (foncée) dans les espaces intergranulaires. Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x77)

18 Structure de la figure 17 à un grossissement plus élevé. Ferrite (pâle) et perlite (foncée). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x425)

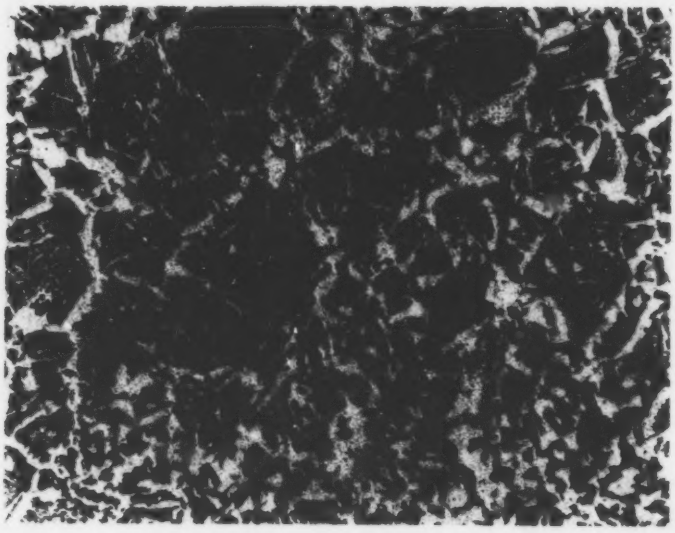
19 Structure de l'acier avec 0,4 pour cent de carbone (refroidissement rapide). Quantités plus ou moins équivalentes de ferrite très fine (pâle) et de perlite (foncée). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x85)

20 Structure de la figure 19 à un grossissement plus élevé. Ferrite (pâle) et perlite (foncée). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x425)

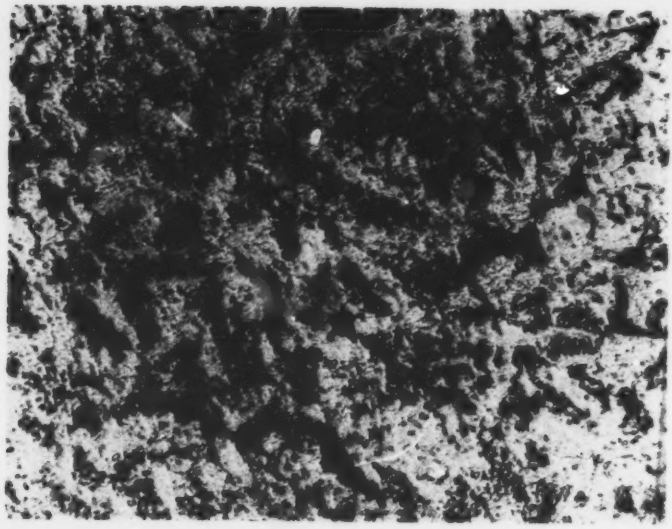
21 Structure de l'acier avec 0,6-0,7 pour cent de carbone (refroidissement lent). Matrice de perlite (foncée) avec enveloppes de ferrite (pâle) aux espaces intergranulaires. Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x85)



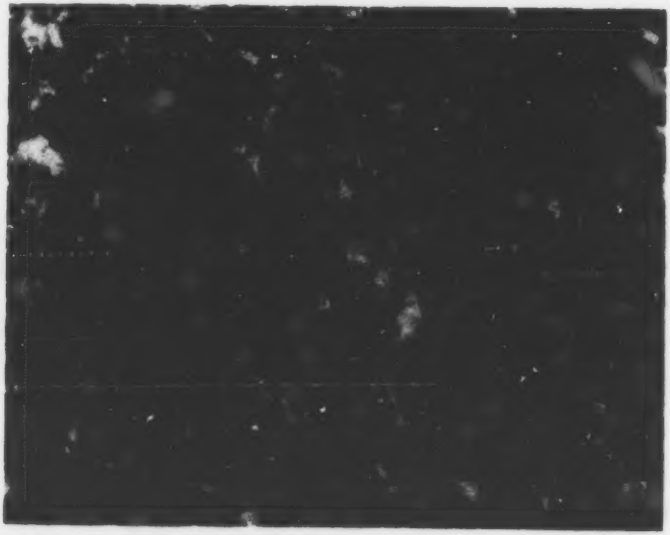
22 Structure de la figure 21 à un grossissement plus élevé. Grosse perlite lamellaire résolue (foncée-pâle) et ferrite dans les espaces intergranulaires (pâle). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x425)



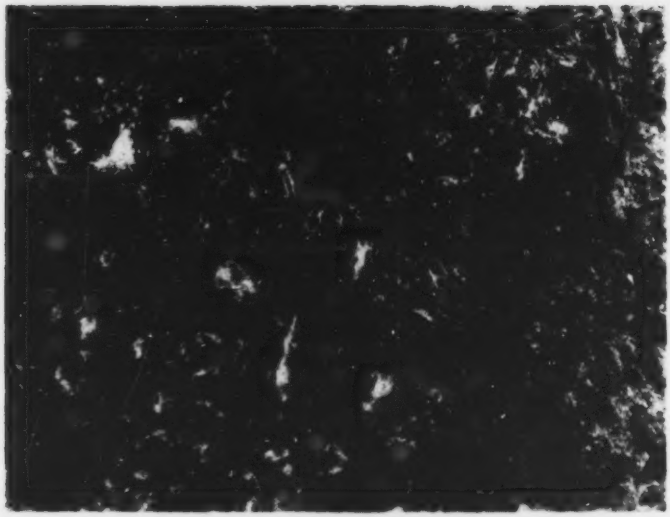
23 Structure Widmannstätten de l'acier (refroidissement rapide). Ferrite (pâle) à la fois dans les espaces intergranulaires et à l'intérieur des grains, dans une matrice de perlite (foncée). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x85)



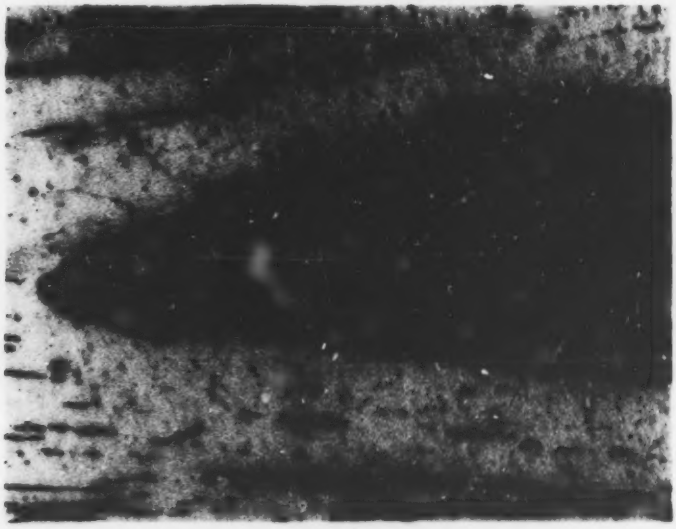
24 Structure partiellement globulaire de l'acier (modifiée par la chaleur). Perlite globulaire (foncée) sur fond de ferrite (pâle) et scories (foncées). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x425)



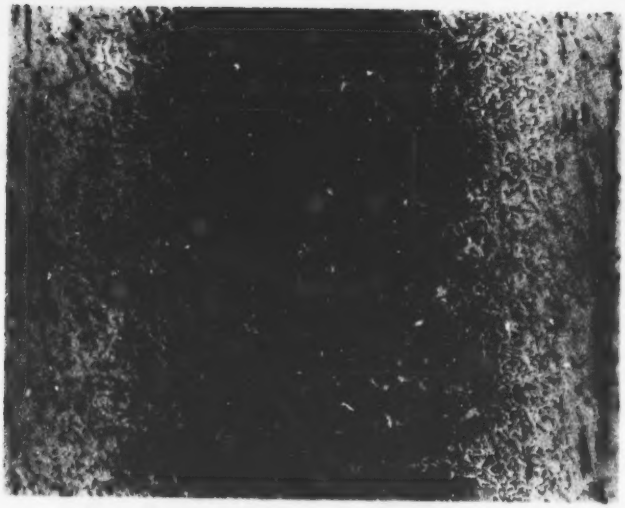
25 Structure du taillant en acier trempé (refroidissement relativement rapide). Fond de perlite sorbitique avec traînées de scories. Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x425)



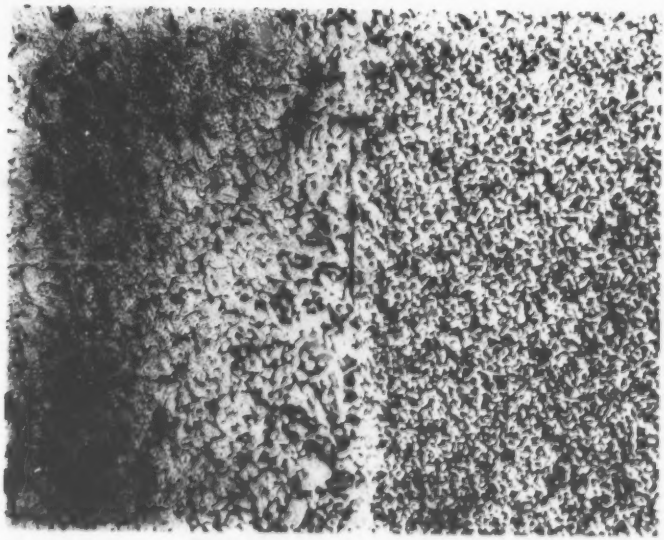
26 Structure du taillant en acier trempé (refroidissement rapide). Bainite supérieure (nervurée). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x850)



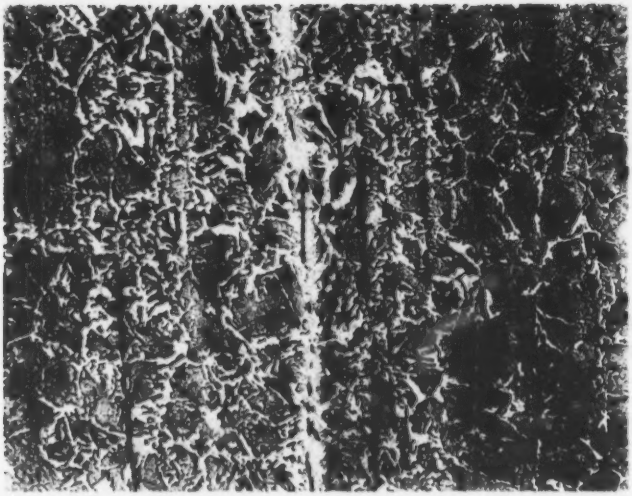
27 Taillant en acier (foncé) soudé par forgeage à la lame en fer forgé (pâle) dans le fer de hache 1H51G3-9. Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x21,25)



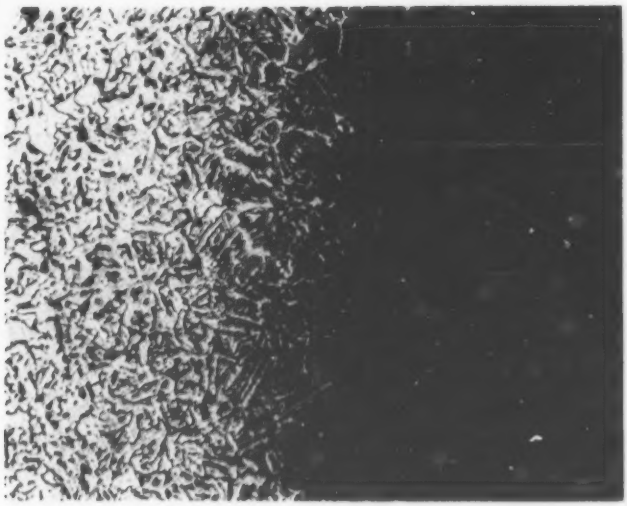
28 Structure de soudure par forgeage: fer à acier (à haute teneur en carbone). Fer forgé: ferrite (pâle) avec traînées de scories (noires). Acier (centre): perlite (foncée) et réseau de ferrite (pâle). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x40)



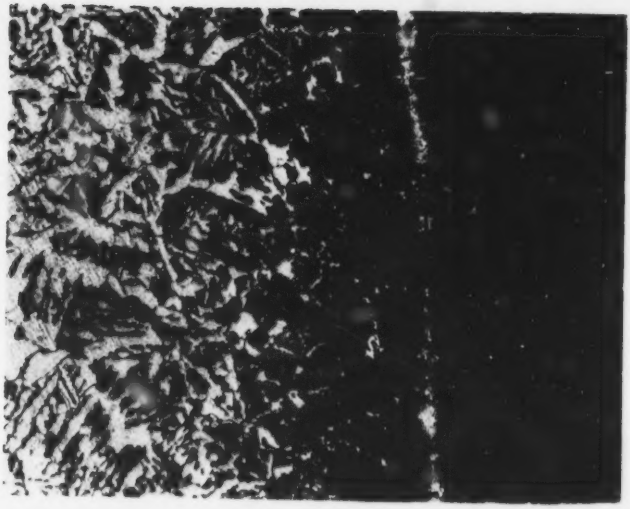
29 Structure de soudure par forgeage: fer à acier (à teneur moyenne en carbone). Fer forgé (à gauche): ferrite (pâle). Couture de soudure (flèche) (pâle). Acier (à droite): ferrite (pâle) et perlite (foncée). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x85)



30 Structure de soudure par forgeage: acier à acier. Acier (de part et d'autre de la couture): perlite (foncée) et ferrite dans les espaces intergranulaires (pâle). Couture de soudure (flèche) (pâle) avec un chapelet de très petites scories (noires). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x80)



31 Structure de soudure par forgeage: fer à acier trempé. Fer forgé (à gauche): ferrite (pâle) et quelques poches de perlite (foncée). Couture de soudure (flèche) (pâle). Acier trempé (à droite): bainite supérieure (noire). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x40)



32 Structure de la figure 31 à un grossissement plus élevé. Chapelet de très petites scories ovales dans la couture (flèche); également, traînées de grosses scories dans la zone voisine. Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x80)

33 Structure de soudure par forgeage: acier à acier trempé. Acier (en haut): ferrite pâle) et perlite (foncée). Couture de soudure (flèche) (pâle) avec petites scories (noires). Acier trempé (en bas): perlite sorbitique (noire). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x85)

34 Structure de la figure 33 à un grossissement plus élevé. Acier mi-dur (à gauche), couture (flèche), acier trempé (à droite). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x170)

ANALYSE ET INTERPRÉTATION

Technique de fabrication des haches

Structure et technique

La structure et la composition des haches examinées fournissent des informations sur la technique et les méthodes utilisées lors de leur fabrication. Les résultats tirés de l'examen macroscopique, des essais de dureté, de l'examen microscopique, des mesures de microdureté et de l'analyse chimique concordent tous pour mettre en évidence le type de structure, les procédés techniques et le traitement thermique applicables aux haches.

Pour mettre en évidence les rapports qui existent entre les résultats obtenus et la technique et les méthodes de fabrication des haches, nous donnons une description simplifiée des changements structuraux causés par le chauffage et le refroidissement du fer et de l'acier.

La structure et les propriétés mécaniques du fer et de l'acier qui en découlent (dureté et ductilité) dépendent surtout des trois facteurs suivants:

1. Composition (teneur en carbone surtout)
   Plus la teneur en carbone est élevée, plus le matériau est dur et moins il est ductile.
2. Température
   Les modifications dans la structure surviennent à certaines températures dites critiques ou températures de transformation. À cet effet, c'est la tranche de 700 à 900°C et plus qui nous intéresse.
3. Vitesse de refroidissement
   La vitesse de refroidissement dépend de la grosseur de l'objet et, plus encore, de l'agent de refroidissement utilisé. La vitesse de refroidissement est de plus en

plus rapide si l'on utilise les agents suivants (du plus lent au plus rapide): sels liquides, forge, air (immobile ou agité), eau chaude, huile, eau froide et bromure. Notez que plus la vitesse de refroidissement est élevée, plus la température de transformation est basse.

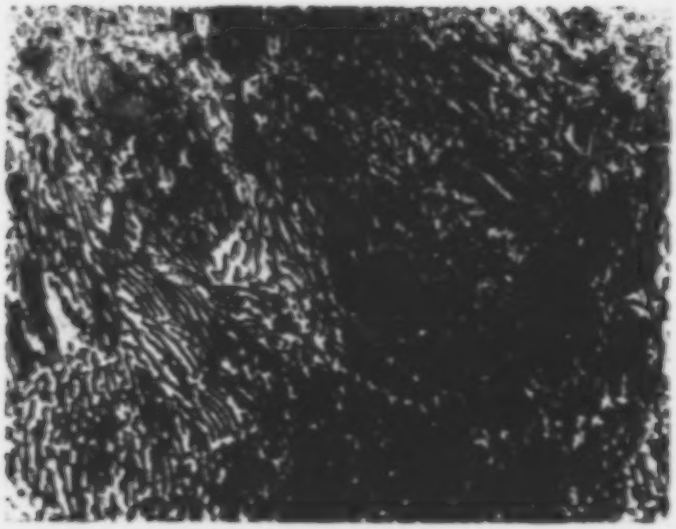
Ainsi la formation des microcomposants rencontrés dans les haches examinées (et décrites ici) est régie par la quantité de carbone présent, la température obtenue, la vitesse de refroidissement et la dimension de l'objet.

Ferrite et perlite. Les principales composantes du fer et de l'acier refroidis lentement sont la ferrite (fig. 35) -- constituant ductile très doux de fer presque pur avec moins de 0,025 pour cent de carbone; la cémentite -- composé de carbure de fer (Fe_3C) très dur et cassant; la perlite (fig. 36) -- agrégat lamellaire de ferrite et de cémentite contenant environ 0,8 pour cent de carbone et beaucoup plus dur que la ferrite; la perlite globulaire (fig. 37) -- agrégat doux de particules de cémentite de forme surtout sphérique insérées dans une matrice de ferrite, formées lorsque le fer ou l'acier contenant de la perlite lamellaire est chauffé pendant une longue durée à la température critique (environ 700°C). Plus il y a de carbone (jusqu'à 0,8 %) et plus la vitesse de refroidissement est rapide, plus il y a de perlite et moins il se forme de ferrite: le matériau s'en trouve plus dur et moins ductile.

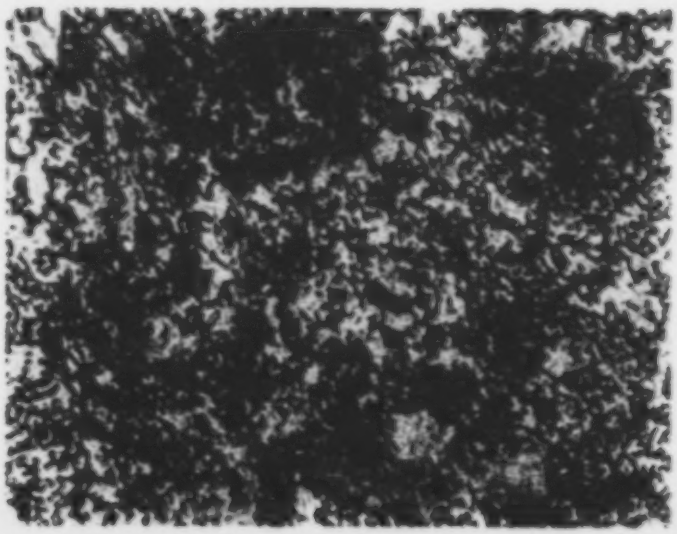
Perlite sorbitique. La finesse de la perlite formée (c.à.d., la distance entre les lamelles) et la dureté qui en découle varient en fonction de la température de transformation. Les deux augmentent au fur et à mesure que la température tombe sous le point critique (environ 700°C) à cause de la vitesse de refroidissement accélérée. Si la vitesse de refroidissement a été assez rapide, on obtient une perlite extrêmement fine presque sans structure, appelée perlite sorbitique (fig. 38), à environ 500-600°C. Mécaniquement, cette perlite est la plus solide et elle confère à l'acier une grande élasticité et une dureté considérable.

Bainite supérieure. À environ 550-500°C, avec une vitesse de refroidissement rapide, on

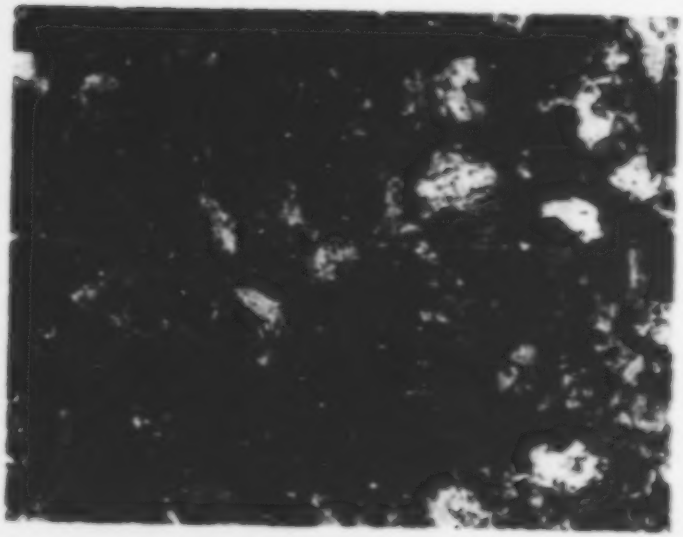
35 Ferrite avec minces pellicules de cémentite dans les espaces intergranulaires avec une microdureté de 125 DV_{100} analogue à celle du fer forgé. Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x850)



36 Perlite comprenant des lamelles de cémentite (foncée) et de ferrite (pâle) avec une microdureté de 210 DV_{100} analogue à celle de l'acier refroidientement. (x850)



37 Perlite partiellement globulaire comprenant des particules de cémentite (foncée) globulaires dans une matrice de ferrite (pâle) avec une microdureté de 190 DV_{100} analogue à celle de l'acier modifié par la chaleur. Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x850)



38 Perlite sorbitique comprenant de la perlite non résolue très fine (les traînées sont des scories) avec une microdureté de 400 DV_{100} analogue à celle de l'acier refroidi à vitesse moyenne. Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x850)

39 Bainite supérieure d'apparence nervurée caractéristique possédant une microdureté de 540 DV_{100} analogue à celle de l'acier refroidi rapidement. Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x850)

obtient une bainite supérieure ou nervurée (fig. 39). Même si elle ressemble à la perlite, il s'agit d'un microcomposant distinct caractérisé par une combinaison de dureté et de plasticité élevées. À une température d'environ 400-300°C on assiste à la formation d'un microcomposant légèrement différent appelé bainite inférieure.

Martensite. Par suite d'un refroidissement très rapide (c.à.d., la trempe dans l'eau ou l'huile) à environ 200-100°C, on obtient de la martensite dans l'acier mi-dur et dur. Il s'agit d'un constituant très dur et extrêmement friable que nous n'avons pas rencontré dans les haches examinées. Lorsque l'acier trempé est chauffé à 100-650°C (c.à.d., revenu) la martensite se décompose (entraînant la formation de martensite adoucie).

Forgeage des lames de fer

Les fers de hache ont été fabriqués à partir de plusieurs morceaux de métal réunis par soudure par forgeage à des températures élevées. Cette assertion se fonde sur l'observation (1) des coutures de soudure caractéristiques qui délimitent les différentes zones; (2) de la présence dans la couture d'une traînée de scories ovales ou rondes très petites; (3) de changements soudains dans la teneur en carbone; (4) de zones de diffusion du carbone dans les parties de fer provenant des zones de forte carburation (acier); (5) des changements soudains dans la dimension et la quantité des scories; (6) du mode de soudure techniquement justifié (qui consiste à répartir le métal dur fortement carburé et du métal doux). En raison de sa dureté, l'acier a été choisi pour les taillants tandis que le fer était utilisé pour les lames.

La structure de la plupart des lames est typique du fer forgé même si dans certaines zones précises elle ressemble à celle de l'acier. Les lames (sauf celle de la hache 1H51E3-3) ont une structure imputable au simple refroidissement à l'air à partie de températures situées bien au-dessus du point critique (900°C pour les zones pauvres en carbone) sans autre forme de traitement.

Les grains de ferrite équiaxes et les traînées de scories allongées dans la direction de la déformation plastique dominante montrent bien que les haches (lames) ont été travaillées à chaud, c'est-à-dire forgées à des températures élevées. Même si les grains de ferrite ont été déformés au cours du forgeage, ils ne sont plus allongés puisque la température à laquelle le travail s'est effectué était suffisamment élevée pour permettre à la structure de se recristalliser. Le travail à chaud a également provoqué l'allongement des zones phosporeuses séparées dans la direction de la déformation plastique, phénomène qui apparaît dans trois haches (1H51C2-1, 1H51E3-3 et 1H51F5-1) sous forme d'une structure rubanée. Les grains généralement gros des parties en fer forgé donnent à penser que le forgeage a été terminé à une température dépassant 1000°C et peut-être même 1200°C ou plus.

Nous avons vu précédemment que la structure de la lame de la hache 1H51E3-3 diffère de celle des autres haches. Sa structure en faisceau prouve clairement que la lame est faite de fer corroyé. La technique de mise en paquets ou de corroyage consistait à superposer plusieurs feuilles ou strates de fer carburées séparément et à les souder ensemble. Au cours de la carburation, on maintenait les bandes de fer à une température élevée et on les laissait absorber le carbone du feu de charbon de bois pendant un laps de temps qui variait selon la teneur en carbone et la dureté que l'on désirait obtenir. La structure en paquets avait pour but d'allier à la résistance élevée de l'acier à forte teneur en carbone la ductilité de l'acier à faible teneur en carbone. La présence de perlite partiellement globulaire dans certaines des bandes suggère que la lame a été chauffée pendant une période de temps prolongée à environ 600-700°C. Par conséquent, la pièce corroyée a été refroidie à l'air à partir d'une température de forgeage de plus de 1000°C et réchauffée à environ 700°C.

Traitement thermique des taillants d'acier

Les taillants d'acier comportent différentes zones structurales découlant visiblement d'un traitement thermique. La grandeur de ces zones et les structures qui changent graduellement (bainite supérieure suivie de perlite sorbitique, de perlite et quelquefois de perlite et de ferrite) sont directement liées à la vitesse décroissante de refroidissement au fur et à mesure qu'on s'éloigne du tranchant. L'agencement de ces structures donne à penser

que les taillants d'acier ont dû être chauffés à une température ne dépassant guère 800 à 900°C pour être ensuite refroidis très rapidement par immersion partielle, le taillant d'abord. La trempe avait pour but de durcir les taillants d'acier. Dans les lames, certaines zones à teneur moyenne en carbone voisines des taillants d'acier ont une structure (ferrite et perlite) que l'on retrouve habituellement lorsqu'il y a refroidissement dans l'air ambiant à partir de températures supérieures au point critique, ce qui porte à croire que les taillants d'acier ont été traités avant d'être soudés aux lames par forgeage.

La formation de bainite supérieure et de perlite sorbitique dans les taillants d'acier trempé est tout à fait inhabituelle. Le plus souvent, la trempe de l'acier à moyenne ou haute teneur en carbone aboutit à une martensite beaucoup plus dure que la bainite supérieure ou la perlite sorbitique que l'on retrouve ici. Ceci ne peut s'expliquer que par une vitesse de refroidissement inférieure à la norme due sans doute à l'utilisation d'un agent de refroidissement impropre comme l'eau chaude, au lieu de l'eau froide à la température ambiante ou l'huile.

Bien que par leur dureté et leur résistance, la bainite supérieure et la perlite sorbitique soient généralement convenables, il est possible d'obtenir un tranchant plus dur grâce à la présence de martensite trempée (environ 550 DB). On peut donc dire que le durcissement des taillants d'acier par la trempe n'a pas complètement réussi. Certains des taillants d'acier n'ont pas été trempés du tout (c'est le cas du taillant d'acier de la hache 1H51G9-9 et probablement aussi de l'un des taillants d'acier de la hache 1H51F5-1). Bien qu'ils soient également faits d'acier dur, leur dureté est nettement plus faible (environ 200 DB) que celle des taillants d'acier trempé (environ 380 DB).

Méthode de fabrication des haches

Les modes de description de la présente section et de notre étude en général sont inspirés de L.A. Ross (1977).

Pour former le corps de la hache, le forgeron utilisait du fer forgé suffisamment doux pour absorber le choc de la coupe et il utilisait de l'acier trempé pour le tranchant pour empêcher son usure prématurée. C'est ce qui explique pourquoi le fabricant ne trempait que le taillant plutôt que la hache entière. La méthode que l'on suivait probablement lors de la fabrication des haches consistait à plier un simple feuillard de fer autour d'un mandrin en soudant les deux extrémités par forgeage, à insérer un taillant d'acier déjà carburé et trempé, à forger une large lame et à aiguiser le tranchant. La séquence des étapes varie d'une hache à l'autre. Dans le fer de hache 1H51E3-3, deux bandes de fer séparées ont été soudées ensemble, tandis que dans la hache 1H51F5-1 deux taillants d'acier, dont l'un était trempé et l'autre pas, ont été rapportés. Il est possible que le taillant d'acier trempé (recouvrant l'un des côtés) ait été ajouté par la suite parce que l'autre taillant n'était pas suffisamment dur. Dans une autre hache (1H51D1-1), nous remarquons qu'une seule bande de fer a été utilisée mais qu'un lingot d'acier a été ajouté pour renforcer la lame et qu'un taillant inséré en deux morceaux (dont l'un avait peut-être été réparé) a été rapporté. Ce taillant semble avoir été carburé et durci à la trempe après avoir été soudé à la lame par forgeage mais il a pu être durci comme pour les autres haches avant même l'étape de la soudure.

Pour compléter les caractéristiques générales des haches, voici une brève description de chacune d'entre elles.

1H51C2-1: oeil de hache brisé fabriqué à partir d'un morceau de fer dont la structure ressemble à de l'acier moderne plutôt qu'à du fer forgé.

1H51D1-1: fer de hache brisé d'environ 5 cm de long, brisé sur les côtés, avec taillant d'environ 3,5 cm de long et tranchant en lame de couteau dont le fil est considérablement ébréché. Le fer de la hache a été fabriqué à partir d'un feuillard replié et comprend une lame en fer forgé, un lingot d'acier pour renforcer la lame et un taillant superposé sur un côté, fait de deux morceaux (dont l'un a peut-être été réparé) d'acier traité thermiquement.

1H51E3-3: fer de hache brisé d'environ 12 cm de long, cassé à une distance d'à peu près 1 cm au-dessus du creux (au niveau de l'oeil) avec taillant d'environ 4 cm de long, à tranchant en lame de couteau dont le fil est fortement ébréché et portant la marque du fabricant sur le côté droit de la lame à environ

Tableau 5. Description, technique et méthode de fabrication des haches provenant du fort Saint-Joseph

Article	Type	Description		Etat de fusion	Alliage de fabrication	Technique de fabrication			Traitement thermique	Finissage
		Lame	Tranchant			Fabrication	Parties	Matériau		
Oeil de hache 1H51C2-1	En forme d'amande							Acier doux (fer à faible teneur en carbone)	Carburation accidentelle	Travail à chaud à partir d'une seule pièce
Fer de hache 1H51D1-1	À simple taillant	Cassée sur les côtés	Partiellement ébréché	Arête vive	Inconnu	Feuillard plié fer de hache	Lame (3 cm de long) Taillant inséré Taillant superposé sur un côté (3,3 x 0,3 cm)	Fer forgé Acier (à teneur moyenne en carbone) Acier (à haute teneur en carbone)	Inconnu Inconnu Carburation et durcissement à la trempe	Travail à chaud, soudure par forgeage de 3 pièces, réparation (?)
Fer de hache 1H51E3-1	À simple taillant	Cassée à 1 cm au-dessus du côté	Partiellement ébréché	Arête vive	Du côté droit de la lame, à 5 cm de l'arête	Feuillard double fer de hache	Lame (2,2 cm de long) Taillant inséré (4 x 0,3 cm)	Fer corroyé Acier (à haute teneur en carbone)	Recuit à 760 °C, carburation accidentelle Carburation et durcissement à la trempe	Travail à chaud, corroyage (paquets de 6 bandes), soudure par forgeage de 2 pièces
Fer de hache 1H51F3-1	À simple taillant	Cassée sur les côtés	Légèrement ébréché	Arête vive	Du côté gauche de la lame au centre, à 4 cm de l'arête	Feuillard plié fer de hache	Lame (10 cm de long) Taillant inséré (3 x 0,6 cm) Taillant superposé sur un côté (3 x 0,6 cm)	Fer forgé Acier (à haute teneur en carbone) Acier (à haute teneur en carbone)	Carburation accidentelle Carburation Carburation et durcissement à la trempe	Travail à chaud, soudure par forgeage de 3 pièces, réparation (?)
Fer de hache 1H51G3-9	À simple taillant	Cassée sur les côtés à l'oeil	Déformation plastique	Arête arrondie (non aiguisé)	Inconnu	Feuillard plié fer de hache	Lame (10 cm de long) Taillant inséré (1 x 0,2 cm)	Fer forgé Acier (à haute teneur en carbone)	Carburation accidentelle Carburation	Travail à chaud, soudure par forgeage de 2 pièces

8 cm du tranchant. Le fer de hache a été fabriqué à partir d'un feuillard double et comprend une lame de fer corroyé (en paquets) faite de six bandes dont la teneur en carbone varie de 0,1 à 0,8 pour cent et un taillant inséré en acier trempé (à haute teneur en carbone).

1H51F3-1: fer de hache brisé d'environ 8 cm de long, cassé sur les côtés, avec deux taillants d'environ 3 cm de long chacun, un tranchant en lame de couteau dont le fil n'est que légèrement ébréché et la marque du fabricant du côté gauche de la lame située au centre à environ 4 cm du tranchant. Le fer de hache à feuillard replié comprend une lame en fer forgé, un taillant inséré en acier non trempé et un taillant en acier trempé superposé sur l'un des côtés.

1H51G3-9: fer de hache brisé d'environ 10 cm de long, cassé sur les côtés à l'oeil, avec un petit taillant d'à peu près 1 cm de long et un tranchant en lame de couteau dont le fil est déformé et arrondi (non aiguisé). Le fer de hache à feuillard replié comprend une lame de fer forgé et un taillant inséré en acier non trempé.

La description, la technique et la méthode de fabrication des haches examinées sont résumées au tableau 5.

La composition du fer nous renseigne sur les procédés métallurgiques. Les seules composantes dont la présence a été voulue sont le fer et le carbone. Tous les autres éléments ont été introduits accidentellement à partir du minerai et des matériaux utilisés lors des opérations métallurgiques subséquentes. La faible teneur en silicium et en manganèse est due aux conditions de production. La très faible teneur en silicium et en manganèse indique que le matériau examiné est du vieux fer plutôt qu'un fer plus récent. Le fer, dont la teneur en phosphore est uniformément faible (moins de 0,25 %), provient très probablement d'un minerai métallique pauvre en phosphore car le phosphore d'un minerai riche en phosphore se serait conservé dans le fer. La très faible teneur en soufre indique qu'on s'est servi du charbon, matière pauvre en soufre, comme combustible. Le fer au bois contient rarement plus de 0,05 pour cent de soufre. Toutes ces observations semblent prouver que le fer a été produit par une méthode indirecte à l'aide d'un procédé d'affinage au feu de bois.

Cassure des haches

Nous avons mentionné plus tôt que chacune des haches était cassée sur les côtés à la

partie supérieure de la lame. Les haches se sont fendues et ne présentent aucune trace de déformation plastique mais elles laissent paraître une cassure transgranulaire (entre les grains) typique due à la fragilité. Afin de déterminer les raisons pour lesquelles les haches se sont brisées, nous jugeons utile de passer en revue quelques-unes des causes les plus probables de cassure de fragilité.

Les défauts qui causent la fragilité peuvent survenir avant même les travaux de forgeage (c.à.d. être inhérents au matériau -- composition, structure, etc.), au cours du chauffage (surchauffage, par exemple), au cours du forgeage (une mauvaise technique de forgeage) et après le forgeage (mauvaise trempe, température ambiante trop basse, etc.). Les défectuosités les plus sérieuses sont dues aux facteurs suivants:

1. Structure
2. Défectuosités internes (présence d'éléments non métalliques ou de fissures)
   Les fissures internes ainsi que les gros éléments irréguliers constituent des points de convergence de la tension qui favorisent les cassures de la pièce forgée sur impact.
3. Composition
   Deux éléments en particulier, le phosphore et le soufre, peuvent être extrêmement nuisibles. Une forte teneur en phosphore rend le fer aigre ou cassant à des températures normales. Avec 0,5 pour cent de phosphore, on ne peut pas forger le fer à froid sans qu'il fende aux extrémités mais on peut le travailler sans difficulté à chaud. Au cours du travail à chaud, il est possible qu'une structure rubanée se forme par suite de la déposition du phosphore. Les rubans ainsi formés constituent des plans de faiblesse. Le soufre est une impureté plus nuisible encore que le phosphore qui, à défaut d'être neutralisé par une quantité suffisante de manganèse, rend le fer fragile à haute température (fragile à chaud) et l'amène à s'effriter lors du forgeage. Il devient par ailleurs impropre au travail à froid et n'est plus à vrai dire d'aucune autre utilité.
4. Trempe. Elle peut entraîner, par exemple, l'oxidation, la décarburation, la surchauffe et le surrefroidissement.
5. Mauvaises techniques de forgeage
   Les mauvaises techniques de forgeage peuvent causer des fissures internes dans le métal. On rencontre ces fissures internes lorsque le forgeage a été fait avec un marteau trop léger ou lorsque le forgeage s'est poursuivi après que le métal eut atteint une température inférieure à la température de forgeage recommandée. Le fer forgé et l'acier deviennent également cassants à froid (fragilité au bleu) lorsqu'ils ont été chauffés au bleu, soit à une température de 230 à 370°C.
6. Formation de fibres mécaniques
   Lorsque le métal a été déformé par le forgeage, la structure peut avoir tendance à s'orienter dans un sens donné pour former des fibres mécaniques. Cette orientation est causée par l'alignement des éléments non métalliques et par dépôt chimique dans la direction principale du travail mécanique (c.à.d., dans la direction de l'écoulement du métal) qui provoquent des lignes d'écoulement. Selon l'orientation mécanique, les propriétés mécaniques présentent des propriétés différentes dans différentes directions (anisotropie). La configuration des lignes d'écoulement nous permet d'interpréter les directions de ductilité et de résistance minimales qui sont les directions transversales des lignes d'écoulement.
7. Cassure des fibres
   Le cassage des fibres est directement lié à la formation des fibres mécaniques, et nuit aux propriétés mécaniques. Dans une configuration d'écoulement saine, les lignes d'écoulement sont parallèles dans l'ensemble aux surfaces libres. La configuration à fibres brisées, présentant de nombreuses lignes d'écoulement perpendiculaires aux surfaces libres, est causée lors du forgeage par un écoulement trop rapide du métal à angle droit par rapport aux fibres.
8. Basse température ambiante
   Le fer et l'acier doux ont tendance à se casser sous l'impact. Cette tendance s'accentue avec la baisse de la température. Il existe une fourchette de température (appelée température de transition) à l'intérieur de laquelle la résistance et la ductilité du fer et de l'acier diminuent brutalement au fur et à mesure que la température baisse. La température de transition pour les aciers doux est souvent de l'ordre de 0°C à -30°C ou moins et elle est affectée par plusieurs phénomènes métallurgiques.

Si l'on examine les facteurs énumérés ci-dessus en fonction des résultats obtenus lors de l'étude des haches, on peut constater les faits qui suivent. La cassure des haches n'est pas liée à une mauvaise trempe (point 4) puisque ce ne sont que les taillants d'acier qui ont été trempés et que celle-ci a eu lieu avant le forgeage. L'examen a révélé que c'est un ensemble de facteurs négatifs qui ont provoqué la faiblesse du matériau et la cassure ultérieure des haches:

- Prédominance de la ferrite dans les zones de cassure et dimension relativement grande des grains de ferrite. La ferrite (avec sa structure de cristal cubique centré) est particulièrement sujette aux brisures de fragilité transgranulaires. Le gros grain est également un facteur négatif du fait qu'il diminue la résistance et augmente la température de transition.
- Présence de grosses scories irrégulières ainsi que de fissures internes dans les zones de la lame situées près de la surface de cassure (point 2).
- Teneur relativement élevée en phosphore (point 3) mise en évidence par l'analyse chimique et l'examen métallographique de deux lames (1H51Di-1 et 1H51G3-9). La quantité de soufre, autre élément nuisible, s'est révélée faible et par conséquent sans incidence notable.
- Fibres mécaniques (point 6) sous forme de scories allongées et d'une structure rubanée due au dépôt de phosphore. Ce facteur en soi n'est pas tellement nuisible lorsque les lignes d'écoulement suivent la direction de la contrainte maximum et de la plus grande résistance car les plus fortes contraintes agissent dans le sens des fibres plutôt qu'en travers.
- Cassure des fibres (point 7). Le macro-traitement à l'acide a révélé une configuration de forgeage inadéquate où de nombreuses lignes d'écoulement coupent les surfaces libres de certaines haches. Cette configuration crée un grand nombre de zone propices à la fissuration et, le cas échéant, à la cassure.

Certains des facteurs peu souhaitables (sur lesquels le forgeron n'avait aucun pouvoir) provenaient du matériau des haches lui-même. D'autres sont imputables au forgeage et nous incitent à penser que le forgeron était négligent dans son travail. Les fibres brisées liées à la formation des fibres mécaniques illustrent bien cette négligence du fait que les haches sont particulièrement fragiles à l'impact. Si, en plus, on utilisait ces haches par temps très froid, elles étaient encore plus susceptibles de se briser.

La cassure des haches peut être attribuée à n'importe lequel des facteurs évoqués mais elle était le plus souvent le résultat de plusieurs facteurs combinés agissant simultanément ou tour à tour. Comme le démontre l'ampleur de l'usure des tranchants, la plupart des haches se sont probablement brisées à l'usage.

CONCLUSION

En général, les artefacts que nous avons examinés peuvent être décrits comme des fers de haches brisés à simple taillant, de 5 à 12 cm de long, cassés sur les côtés, à l'oeil, possédant un taillant d'environ 4 cm de long, à arête vive dont le fil était ébréché. Deux lames portaient la marque du fabricant. Un seul des quatre fers de haches (1H51G3-9) comportait un petit taillant, de 1 cm de long, et une arête arrondie ayant subi une déformation plastique.

Chaque fer de hache était fabriqué de plusieurs morceaux de métal réunis au moyen d'une soudure par forgeage. Ils sont composés de deux parties principales, une lame de fer et un taillant d'acier. Les divers matériaux soudés les uns aux autres formaient des assemblages de fer forgé-acier, acier-acier et fer-acier trempé.

La structure de la plupart des lames des haches, constituée de ferrite équiaxe, de perlite à l'occasion et de traînées de scories, est caractéristique du fer forgé et dénote le simple refroidissement à l'air à partir de

températures situées bien au-dessus du point critique. Les grains de ferrite équiaxes et les scories allongées dans la direction de la déformation plastique dominante démontrent que les haches (lames) ont été travaillées à chaud et forgées à de hautes températures. Le grain généralement gros du fer forgé suggère que le forgeage s'est probablement terminé à une température de près de 1200°C et même davantage.

L'oeil de hache (1H51C2-1), étant complètement exempt de scories, est constitué d'un matériau étonnamment pur qui ressemble à l'acier doux moderne plutôt qu'au fer forgé.

Par contre, la lame à structure en paquets (1H51E3-3) est faite de fer corroyé. Cette structure provient du forgeage de pièces hétérogènes de fer forgé carburé à différentes teneurs en carbone. Après avoir été refroidie à l'air à partir de la température de forgeage, la lame a été réchauffée (sans doute plusieurs fois) à environ 600-700°C.

La structure d'un seul des taillants d'acier (de la hache 1H51G3-9) dénote le refroidissement à l'air à partir d'une température située bien au-delà du point critique, sans autre forme de traitement. Cette structure composée de perlite et d'une gangue de grains de ferrite montre que le matériau est un acier dur contenant environ 0,6 à 0,7 pour cent de carbone.

Les taillants d'acier de trois des haches (1H51D1-1, 1H51E3-3 et 1H51F5-1) comportent une série de structures composées de bainite supérieure ou nervurée suivie de perlite sorbitique et parfois de perlite et de ferrite changeant graduellement au fur et à mesure que l'on s'éloigne du tranchant. Une structure de ce genre démontre clairement qu'on s'est employé à durcir le taillant d'acier par un traitement thermique.

Les taillants d'acier carburés et durcis par refroidissement rapide ont dû être chauffés à une température d'environ 800 à 900°C puis refroidis rapidement par immersion partielle à partir du tranchant. Cependant, le durcissement des taillants d'acier n'est pas toujours réussi. La formation de bainite nervurée et de perlite sorbitique porte à croire qu'on a utilisé un agent de refroidissement médiocre, comme l'eau chaude par exemple, pour tremper les taillants d'acier dur. Bien que la trempe ait quand même augmenté considérablement leur dureté, on aurait pu obtenir une dureté supérieure par un refroidissement rapide (dans l'eau froide ou l'huile) et par la formation de martensite. Le taillant d'acier inséré de la hache 1H51F5-1 nous fournit un bon exemple de technique de refroidissement médiocre puisque ce taillant, bien que trempé, a la même dureté que le taillant d'acier non trempé de la hache 1H51G3-9.

On fabriquait les haches en pliant un feuillard de fer forgé autour d'un mandrin, en soudant les deux bouts par forgeage, en insérant un taillant en acier carburé et durci au préalable, en forgeant une lame large et finalement en aiguisant le tranchant à la meule.

Ces étapes de fabrication variaient légèrement d'une hache à l'autre. Ainsi dans la hache (1H51E3-3) on a soudé ensemble deux feuillards séparés, dans la hache (1H51F5-1) on a rapporté deux taillants d'acier dont l'un a probablement été ajouté ultérieurement parce que l'autre n'était pas assez dur, tandis que dans la hache 1H51D1-1 on a inséré un lingot d'acier pour renforcer la lame (le taillant d'acier porte les marques de réparations).

En résumé, le fer de hache fabriqué à partir d'un feuillard plié est constitué d'une lame de fer forgé et d'un taillant rapporté en acier dur traité à la chaleur. Les seules exceptions à cette règle sont le fer de hache (1H51E3-3) à double feuillard et à la lame en fer corroyé forgée à partir de six bandes de diverses teneurs en carbone, ainsi que le fer de hache (1H51G3-9) à feuillard replié comprenant un petit taillant en acier non trempé.

L'analyse chimique a démontré qu'on avait utilisé des matériaux purs de très grande qualité dans la fabrication des haches. À part les scories, les haches ne contiennent presque pas d'impuretés et leur composition est comparable à celle du fer de Suède ainsi qu'à celle du fer forgé et de l'acier moderne.

Le fer a été fabriqué à partir de minerais à faible teneur en phosphore, probablement par une méthode indirecte, ou utilisant un procédé d'affinage au creuset à charbon de bois.

Notre étude sur les haches a révélé un certain nombre de facteurs peu souhaitables qui contribuent à affaiblir le matériau et favorisent la cassure des haches par fissuration transgranulaire. Ces facteurs sont liés à la structure même du matériau (c.à.d., la ferrite à gros grains sujette à la cassure à basse température), aux grosses scories irrégu-

lières et aux fissures internes dans la zone de la lame située près de la surface de cassure, à la teneur plutôt forte en carbone de certaines lames et aux fibres brisées découlant de la formation des fibres mécaniques.

Compte tenu des impacts que subissent les haches lorsqu'on les utilise, il est possible qu'elles se soient cassées à cause de n'importe lequel de ces facteurs mais il est plus probable encore que ce soit la conjugaison de plusieurs facteurs, agissant en même temps ou tour à tour, qui ont entraîné la cassure par temps froid. Les haches se sont probablement cassées quand on les utilisait (sans doute en hiver), comme semble l'indiquer l'usure avancée des tranchants.

Étant donné que bon nombre des facteurs favorisant la cassure des haches sont dus au forgeage, nous en déduisons que le forgeron n'était pas soigneux dans son travail. Cette négligence, ajoutée à des méthodes inadéquates de refroidissement des taillants d'acier, nous indique que le fabricant de haches n'avait pas maîtrisé la technique de fabrication des haches qui suppose beaucoup de métier. Les haches réussies étaient l'oeuvre de forgerons compétents qui mettaient tout leur savoir-faire et toute leur adresse pour créer un outil de qualité, dont ils pouvaient être fiers.

Notons en dernier lieu que les haches brisées ont pu être apportées au forgeron pour qu'il les répare sans pour autant être de sa fabrication.

GLOSSAIRE

ACIER. Alliage de fer et de carbone contenant jusqu'à 1,7 pour cent de carbone et de petites quantités d'autres éléments dont le manganèse, le silicium, le phosphore et le soufre.

ACIER DOUX. Equivalent moderne du fer forgé sans les scories qui confèrent au fer forgé sa structure fibreuse.

AFFINAGE. Procédé qui consiste à éliminer les impuretés du métal (par exemple, la transformation de la fonte en fer forgé) par la suppression des scories ou par fusion dans un four spécial.

ALLIAGE. Produit métallique composé de deux éléments chimiques ou plus.

AUSTÉNITE. Constituant non magnétique de fer produit uniquement à de très hautes températures (plus de 723°C).

BAINITE SUPÉRIEURE (NERVURÉE). Constituant structural d'apparence nervurée qui se forme dans l'acier à une vitesse de refroidissement rapide à des températures quelque peu inférieures à celles qui entraînent la formation de la perlite sorbitique (environ 550 à 500°C).

CARBURATION. Enrichissement en carbone de la couche de surface du fer forgé ou de l'acier doux par chauffage de métal à une température inférieure à son point de fusion en contact avec un matériau carboné.

CASSURE TRANSGRANULAIRE. Type de cassure où la ligne de cassure passe à travers les grains et non pas dans l'espace intergranulaire.

CÉMENTITE. Composé extra dur et fragile de fer et de carbone, Fe_3C. La cémentite est l'un des constituants de la perlite et apparaît également comme une composante séparée dans l'espace intergranulaire du fer forgé contenant environ 0,02 pour cent de carbone.

CHARBON DE BOIS. Bois en partie brûlé jusqu'à ce qu'il ne reste que le carbone, utilisé autrefois comme combustible en métallurgie.

CONSTITUANT. Élément ou combinaison d'éléments qui présentent une configuration caractéristique dans une microstructure d'alliage.

CORROYAGE (MISE EN PAQUETS). Ancienne technique de fabrication du fer qui consistait à empiler plusieurs feuillards de fer carburé, de teneur différente en carbone, et à les souder ensemble par forgeage à haute température.

COUTURE. Joint de soudure formé par la réunion des extrémités d'une pièce repliée

sur elle-même.

CRISTAL. Solide homogène de structure géométrique régulière particulière à l'élément et dans lequel les atomes sont répartis suivant un schéma caractéristique.

DÉFORMATION PLASTIQUE. Distortion permanente d'un matériau sous l'action d'une contrainte.

DENDRITES. Cristaux formés au cours de la solidification dont la forme est caractérisée par un schéma arborescent multiramifié.

DÉPÔT. Distribution non uniforme d'impuretés, d'inclusions et d'éléments d'alliage dans les métaux.

DIRECTION LONGITUDINALE. Direction qui est parallèle à la direction de l'allongement maximum d'un matériau forgé.

DUCTILITÉ. Propriété qu'ont les corps à subir une déformation plastique sans se rompre.

DURCISSEMENT PAR REFROIDISSEMENT. Procédé de trempe comportant le refroidissement rapide de l'acier à partir de températures élevées par immersion dans un liquide froid comme l'eau, le bromure ou l'huile, en vue de durcir le métal.

DURETÉ. Résistance du matériau à la déformation mesurée habituellement par des essais de microdureté.

ÉLÉMENT. Constituant complètement homogène du point de vue physique et chimique séparé du reste de l'alliage par une surface intermédiaire définie.

ÉQUIAXE. Se dit des cristaux dont la dimension reste sensiblement la même dans toutes les directions.

ESPACE INTERGRANULAIRE. Espace entre deux grains où l'orientation du réseau cristallin est modifiée pour emprunter l'orientation de l'autre grain.

EXAMEN MACROSCOPIQUE. Examen à l'oeil nu ou à faible grossissement (jusqu'à dix fois) d'un spécimen convenablement préparé.

EXAMEN MICROSCOPIQUE. Examen au microscope d'un spécimen convenablement préparé à des grossissements supérieurs à dix fois.

FAYALITE. Composé minéralogique de silicate de fer $2FeO\text{-}SiO_2$, trouvé dans certaines scories.

FER FORGÉ. Première forme commerciale de fer pur constitué de traînées de scories (silicate de fer) enchâssées dans la matrice de ferrite.

FERRITE. Constituant doux du fer ou de l'acier (fer presque pur comprenant moins de 0,025 % de carbone).

FIBRES MÉCANIQUES. Allongement et alignement d'éléments non métalliques, de vides, de dépôts chimiques et de constituants secondaires orientés dans la direction principale de l'écoulement du métal au cours du travail mécanique (forgeage).

FORGE: 1. Forge; 2. le bâtiment et l'outillage utilisés dans la fabrication du fer forgé.

FRAGILE À CHAUD. Fragilité d'un métal qui est soumis à des températures supérieures à sa température de recristallisation.

FRAGILE À FROID. Fragilité d'un métal qui est soumis à des températures inférieures à sa température de recristallisation.

FUSION. Procédé métallurgique par lequel le métal qu'on cherche à isoler est séparé par liquéfaction du minerai qui contient le minéral lié chimiquement ou physiquement à la gangue et aux impuretés.

GRAINS. Cristaux rencontrés dans les métaux ou les alliages.

HAUT FOURNEAU. Four destiné à transformer le minerai de fer par fusion en fonte brute.

INCLUSIONS NON-MÉTALLIQUES. Particules d'impuretés (habituellement des silicates, des sulfures, des oxydes, etc.) qui sont maintenues mécaniquement et formées au cours de la solidification ou par réaction ultérieure à l'intérieur du métal solide.

LAME. Partie tranchante large (aplatie) du fer de hache.

LIGNES D'ÉCOULEMENT. Texture révélée par l'acide sur une surface ou une zone montrant la direction de l'écoulement du métal au cours de la déformation.

LINGOT. Bande de métal insérée entre les feuillards repliés pour renforcer la lame.

MACROSTRUCTURE. Structure des métaux observée à l'oeil nu ou à faible grossissement (jusqu'à dix fois) sur un spécimen convenablement préparé.

MACROTRAITEMENT À L'ACIDE. Traitement d'un métal au moyen d'un réactif pour faire ressortir sa structure à l'oeil nu.

MARTENSITE. Constituant très dur avec une apparence aciculaire (en forme d'aiguilles) produit par la trempe du fer carboné à des températures supérieures à 720°C.

MARTENSITE REVENUE. Produit de décomposition provenant du chauffage de la martensite au-dessous de la température critique (environ 700°C), qui possède la meilleure combinaison de dureté, de ductilité et de résistance.

MATRICE. Constituant principal de la microstructure dans lequel sont enfermés ou enchâssés d'autres constituants ou éléments.

MÉTALLOGRAPHIE. Discipline de la métallurgie qui se consacre à l'étude de la structure et de la constitution des métaux et des alliages solides en relation avec leurs propriétés, d'une part, et, d'autre part, avec les techniques, les méthodes de trempe et les modes de fabrication s'y rapportant.

MICROCONSTITUANT. Voir élément et constituant.

MICRODURETÉ. Dureté d'un microconstituant d'un métal.

MICROGRAPHIE. Photographie de la structure d'un matériau prise à travers la lentille du microscope à un grossissement supérieur à dix fois.

MICROSTRUCTURE. Structure d'un spécimen convenablement préparé observé au microscope ou à des grossissements supérieurs à dix fois.

MINERAI. Dépôt naturel de minéraux d'où on peut extraire de façon profitable des métaux utiles.

PERLITE. Constituant du fer ou de l'acier fait de lamelles alternées de ferrite et de cémentite.

PERLITE GLOBULAIRE. Agrégat mou de particules de cémentite de forme essentiellement globulaire dans une matrice de ferrite qui se forme lorsque le fer ou l'acier contenant de la perlite lamellaire est chauffé pendant longtemps à la température critique (environ 700°C).

PERLITE SORBITIQUE. Perlite très fine presque sans structure (non révélée au microscope optique) formée à une vitesse de refroidissement assez rapide à des températures variant entre 600 et 500°C.

PROCÉDÉ INDIRECT. Procédé de fabrication du fer en deux étapes, comprenant la transformation du minerai en fonte brute par fusion, puis, sa purification par affinage pour le transformer en fer forgé.

RECRISTALLISATION. Formation de nouveaux cristaux ou grains sans déformation dans un métal déformé lorsqu'il est convenablement chauffé.

RÉSISTANCE. Propriété qu'a un matériau d'absorber une énergie (choc) sans se rompre.

REVENU. Rechauffage de l'acier trempé à une température inférieure à la température critique suivi d'un refroidissement de vitesse variable en vue d'amoindrir sa dureté.

SCORIES. Déchets formés lors de la fusion du fer ou de la fabrication du fer forgé ou de l'acier (provenant de la réaction du fondant sur les composantes oxydées non-métalliques du métal en fusion).

SOUDURE PAR FORGEAGE. La méthode de soudure la plus ancienne qui consiste à chauffer deux pièces de fer à la température de soudure et à les forger ensemble au moyen d'un marteau à main ou mécanique.

STRUCTURE. Dimension, forme et disposition des éléments ou microconstituants.

STRUCTURE EN RÉSEAU. Structure dans laquelle l'un des constituants se présente surtout dans l'espace intergranulaire.

STRUCTURE RUBANÉE. Structure de dépôts de phosphore composée de bandes presque parallèles orientées dans la direction du travail.

STRUCTURE WIDMANNSTÄTTEN. Structure caractérisée par un diagramme géométrique provenant de la formation d'un nouvel élément le long de certains plans cristallographiques de la matrice.

TAILLANT. Partie tranchante du fer de hache qui se termine par l'arête.

TAILLANT INSÉRÉ. Taillant rapporté par insertion dans l'entaille de la lame.

TAILLANT SUPERPOSÉ. Taillant rapporté couvrant un côté ou les deux côtés de la lame.

TEMPÉRATURE CRITIQUE (POINT CRITIQUE). Température à laquelle un métal ou un alliage subit des modifications au cours du chauffage ou du refroidissement.

TEMPÉRATURE DE RECRISTALLISATION. Température minimale approximative à laquelle la recristallisation complète du métal travaillé à froid se produit dans une période de temps déterminée. Pour le fer et l'acier, la température est d'environ 500 à 700°C.

TEMPÉRATURE DE TRANSFORMATION. Voir Température critique.

TEMPÉRATURE DE TRANSITION. Température définie de façon arbitraire à l'intérieur d'une fourchette où la ductilité et la résistance varient rapidement en fonction de la température.

TRAÎNÉES. Configuration microstructurale d'un corps étranger non-métallique aligné dans la direction du travail du fer ou de l'acier.

TRAITEMENT À L'ACIDE. Traitement visant à faire ressortir la structure au moyen de réactifs sur la surface polie des métaux.

TRAITEMENT THERMIQUE. Chauffage, maintien et refroidissement d'un métal ou d'un alliage solide de manière à obtenir un état et des propriétés spécifiques.

TRAVAIL À CHAUD. Procédé de déformation mécanique effectué sur un métal à une température supérieure à celle de sa recristallisation.

VENT FROID. Air sous pression qui n'a pas été réchauffé et qui alimente les hauts fourneaux.

VITESSE DE REFROIDISSEMENT. La pente moyenne de la courbe durée - température calculée sur une période de temps et un écart de température donnés.

WUSTITE. Constituant structural de scories; l'oxyde de fer le plus faible avec plus d'oxygène qu'il n'en faut pour former l'oxyde ferreux (FeO).

BIBLIOGRAPHIE

American Society for Metals (ASM)
Metals Handbook, 8e éd., Metals Park, Ohio, ASM, vol. 1 (1961): Properties and Selection.
-----. Metals Handbook, 8e éd., Metals Park, Ohio, ASM, vol. 10 (1975): Failure Analysis and Prevention.

Avner, Sidney H.
Introduction to Physical Metallurgy, New York, McGraw-Hill, 1964.

Bain, Edgar, C. et Harold W. Paxton
Alloying Elements in Steel, 2e éd. (3e réimpr. rév.), Metals Park, Ohio, American Society for Metals, 1966.

Bradley Smith, H.R.
"Blacksmiths' and Farriers' Tools at Shelburne Museum", Museum Pamphlet Series, nº 7, Shelburne, Vermont, The Shelburne Museum, Inc., 1966.

Brewer, C.W.
"Metallographic Examination of Six Ancient Steel Weapons", Journal of the Historical Metallurgy Society, vol. 10 (1976), nº 1, p. 1-10, Londres.

Brick, R.M., R.B. Gordon et A. Phillips
Structure and Properties of Alloys, New York, McGraw-Hill, 1965.

Greaves, Richard H. et Harold Wrighton
Practical Microscopical Metallography, réimpr. de l'éd. de 1937, Londres, Chapman, Hall, 1967.

Grossman, Marcus A. et Edgar C. Bain
Principles of Heat Treatment, 5e éd., Metals Park, Ohio, American Society for Metals, 1964.

Hermlin, E., E. Tholander et S. Blomgren
"A Prehistoric Nickel-Alloyed Iron Axe", Journal of the Historical Metallurgical Society, vol. 13 (1979), nº 2, p. 69-93, R.-U.

Knauth, Percy
The Metalsmith, New York, Time-Life Books, 1974.

Muhly, J.D., T.S. Wheeler et R. Madin
"An Iron Adze of the 5th-4th Century B.C. from Al Mina", Levant, vol. 11 (1977), p. 156-161.

Percy, John
Metallurgy: Iron and Steel, Londres, John Murray, 1864.

Piaskowski, Jerzy
"A Socketed Axe from Wietrzno-Bobrka in

Carpathians", Journal of the Iron and Steel Institute, vol. 194 (1960), p. 336-340, Londres.
-----. "Metallographic Investigations of Ancient Iron Objects from the Territory Between the Oder and the Basin of the Vistula River", Journal of the Iron and Steel Institute, vol. 198 (1961), p. 263-281, Londres.

-----. "The Method of Determination of the Origin of Ancient Iron Objects Based on Metallographic Investigations", Archaeologia Polona, vol. 6 (1964), p. 124-160, Varsovie.

Ross, Lester A.
"A Guide to the Description of Axes", manuscrit classé, Direction des lieux et des parcs historiques nationaux, Parcs Canada, Ottawa, 1977.

Smith, Cyril S.
"The Interpretation of Microstructures of Metallic Artifacts", Application of Science in Examination of Works of Art, éd. William J. Young, Boston (Mass.), Museum of Fine Arts, 1967, p. 20-52.
-----. "The Techniques of the Luristan Smith", Science and Archaeology, éd. Robert H. Brill, Cambridge (Mass.), MIT Press, 1971, p. 32-54.

Thomsen, Robert
"Metallographic Studies of an Axe from the Migration Age", Journal of the Iron and Steel Institute, vol. 204 (1966), p. 905-909, Londres.

Tylecote, Ronald F.
Metallurgy in Archaeology, Londres, Edward Arnold, 1962.

Le travail du fer dans une forge au fort Saint-Joseph, début du XIXe siècle: examen des scories et du fer

Henry Unglik

Remerciements 96
Avant-propos 97
Introduction 98
Méthodes et résultats 99
Examen préliminaire 99
Analyse chimique 104
Examen microscopique 104
Structure des scories 104
Structure des fragments de métal trouvés dans les scories 109
Structure des objets en fer 119
Analyse et interprétation 127
Constitution et point de fusion des scories 127
Formation des scories 127
Le travail du fer à la forge 130
Conclusion 133
Bibliographie 134

Présenté pour publication en 1980, par Henry Unglik, Direction des lieux et des parcs historiques nationaux, Division de la conservation, Parcs canada, Ottawa.

REMERCIEMENTS

Nous remercions John Light, analyste d'artefacts, Parcs Canada, région de l'Ontario, qui fut le premier à demander l'analyse métallurgique des fragments de fer et des scories et qui, par sa connaissance de la forge, site archéologique qu'il a étudié à fond, a contribué grandement à l'interprétation des résultats.

Nous désirons également remercier James Moore, spécialiste supérieur de la conservation, et John Stewart, spécialiste de la conservation, Division de la conservation de Parcs Canada, pour l'aide qu'ils nous ont accordée et les nombreuses critiques constructives qu'ils ont apportées en relisant le texte.

AVANT-PROPOS

Lors des fouilles effectuées à la forge du poste de traite des fourrures du fort Saint-Joseph, en 1978, nous avons recueilli près de 50 kg de scories. Cette grande quantité de résidus provenant de la forge nous a permis de mettre en lumière, par l'intermédiaire d'une analyse métallurgique, les principales activités du forgeron. Cette analyse a donné lieu à une description du travail du forgeron dans un poste de traite des fourrures du début du XIX^{e} siècle dans l'ancien Nord-Ouest.

Les autres amas de scories décrits dans la présente étude proviennent des fouilles faites au fort en 1964. Il se peut que l'endroit d'où ils ont été tirés ne corresponde pas au gisement original qui aurait subi des bouleversements lors des travaux d'aménagement paysager du fort en 1948, mais nous ne connaissons pas leur origine exacte. Comme les scories n'avaient pas été identifiées en tant que telles en 1964, elles avaient été entreposées et étiquetées sous la désignation de "cendres" et "terre cuite". Aussitôt qu'on les eut redécouvertes, on les intégra aux matériaux d'origine pour démontrer tant du point de vue métallurgique que du point de vue de la situation des lieux l'existence d'une deuxième forge sur la pointe. Malheureusement, ces échantillons ramassés en 1948 s'apparentaient tellement à ceux de la boutique de forge qu'il a été impossible de se prononcer de façon définitive en faveur de cette théorie bien que certains documents nous prouvent qu'il existait au moins une autre forge. Au fort, le ministère des Indiens employait un forgeron à temps plein, et l'armée en avait un également, du moins pendant la période de construction. On ne sait pas où ces hommes travaillaient.

Pour autant que nous le sachions, la présente étude est unique en son genre. En effet, avec l'étude sur les haches, elle constitue un fondement solide à ce qui pourrait devenir une étude d'ensemble du métier de forgeron à l'époque qui nous intéresse. Étant donné que ce métier était à l'époque l'un des plus importants, pour ne pas dire le plus important, cette étude serait du plus haut intérêt. Cependant, ce type d'information est impossible à obtenir par la seule recherche documentaire et si jamais d'autres personnes poursuivent les travaux que nous avons entrepris et qu'on en arrive à brosser le tableau des techniques de forge dans les régions nouvellement colonisées, on aura fait la preuve, une fois de plus, que la recherche historique est inséparable de la recherche archéologique.

John D. Light

INTRODUCTION

Nous avons recueilli sur le site archéologique du fort Saint-Joseph en Ontario, datant du début du XIX^{e} siècle, une grande quantité de scories provenant du travail du fer, que nous avons soumise à un examen métallurgique.

Près de 50 kg de scories ont été trouvés à deux endroits differents du fort (Light 1984: tableau 1, du présent ouvrage). L'un des amas (provenance 1H51) venait de la boutique du forgeron tandis que l'autre (provenance 1H37 et 1H43) était situé environ 150 m plus loin, près de la palissade du fort. Ces scories gisaient généralement en surface dans un contexte perturbé. Par contre, les scories de la boutique étaient dans des amas qui contenaient également des rebuts de fer et d'alliages de cuivre. La répartition des amas et l'agencement de la boutique mise au jour ont été déterminés par John Light (1984: fig. 2, du présent ouvrage).

Construite avec de la pierre calcaire, la forge possédait au moins deux tuyères: une tuyère inférieure en métal et une tuyère latérale en métal ou en céramique. La sole du fourneau était constituée d'une couche de terre que le forgeron avait recouverte d'une couche de sable. Le four était alimenté au charbon de bois. Tout porte à croire que le brasage se faisait surtout avec des bouilloires et des marmites de laiton ou de cuivre comme métal d'apport. À part l'atelier mis au jour, il y avait apparemment au fort Saint-Joseph au moins une autre boutique (qui appartenait peut-être à l'armée) où on se servait aussi de charbon de bois.

Les objectifs de la présente recherche sont de déterminer 1) de quelle manière les scories peuvent être caractérisées et, tout particulièrement, ce qui distingue les scories lourdes et foncées des scories légères et pâles; 2) quelles sont les quantités de fer forgé et d'acier dont se servait le forgeron; 3) si le forgeron s'adonnait à d'autres activités que le forgeage (comme par exemple, la fusion, l'affinage ou le moulage); 4) si à la forge, on travaillait avec d'autres matériaux que le fer (comme par exemple, les alliages de cuivre); 5) si l'amas de scories provenant de la palissade du fort a été produit dans la boutique du forgeron qui a été mise au jour ou dans une autre boutique, celle de l'armée par exemple.

Ces buts fondamentaux ont été atteints grâce à des observations visuelles, au sectionnement des amas, à l'analyse chimique, aux essais de dureté, à l'examen microscopique et aux mesures de microdureté des scories et des fragments de fer.

MÉTHODES ET RÉSULTATS

Examen préliminaire

Sur un total d'environ 150 agrégats de scories (tableau 1), environ 90 ont été sélectionnés en vue de l'examen préliminaire. L'examen comportait des observations visuelles, des essais de ferromagnétisme, l'étude de la densité, le sectionnement des agrégats, la fluorescence des rayons X pour mesurer la dispersion de l'énergie et une étude microscopique.

La plupart des scories provenant de la boutique du forgeron (1H51) sont convexes-concaves, en forme de galette, et varient du gris pâle ou foncé au brun, avec souvent une touche de vert (fig. 1 et 2). Sur le dessus, côté concave, la surface lisse et vitreuse laisse bien paraître la direction de l'écoulement visqueux, tandis que sur le dessous, côté convexe, la surface est rugueuse. Le dessous doit peut-être sa forme au plancher arrondi de la forge. En moyenne, la dimension des amas est de 9 x 11 x 3 cm. Cependant, trois groupes différents de scories, K5-8, L3-5 et L5-2, sont un peu plus petits et de forme irrégulière plutôt qu'en galette. Sur quelques amas, nous avons remarqué la présence d'arêtes vives laissées par le charbon (fig. 3). Nous avons également trouvé, incrustés dans quelques-uns des amas, des morceaux du charbon qui avait servi de combustible lors du travail du métal (fig. 4). À part le charbon, nous avons trouvé des traces de chaux sur de nombreux morceaux de scories. Enfin, trois des amas étaient magnétiques.

Tableau 1. Désignation des scories

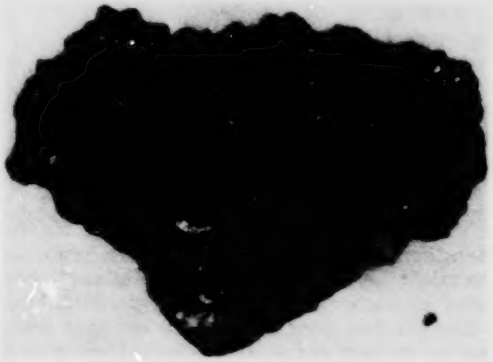
Provenance	Nombre d'échantillons	N° de code
	Scories de l'atelier	
1H51A4-6	8	1-8
1H51B2-11	1	9
1H51E4+	16	1M-16M
1H51F1	1	10
1H51G1-6	1	11
1H51G2-6	2	12-13
1H51G3-13	3	14-16
1H51H2-6	1	17
1H51I2-2*	9	18-26
1H51J5-2	1	27
1H51K4-4*	5	28-32
1H51K5-8	6	33-38
1H51L3-5*	6	39-43
1H51L5-2	6	44-49
	Scories de la palissade	
1H37E5	8	50-57
1H43B3	74	58-87

+Des fragments de fer accompagnent les scories.
*Traces de chaux sur certains des échantillons.

Les amas de scories provenant de la palissade (1H43) varient aussi du gris pâle ou foncé au brun, avec souvent une touche de vert, leur surface est plutôt rugueuse et leur apparence souvent vitreuse. La majorité d'entre eux, de 7 x 6 x 2 cm ou plus petits, sont caractérisés par leur forme plutôt compacte. Nous avons également ramassé six amas de taille plus grande, soit environ 11 x 9 x 3 cm, dont la forme était plate ou légèrement convexe. Parmi tous ces amas, beaucoup portaient les empreintes bien définies de bois brûlé ou carbonisé dessinant un quadrillé irrégulier d'arêtes dont la présence est sans doute due au contact entre les scories brûlantes et le bois. Plusieurs amas, ceux dont la surface brune est riche en morceaux de charbon, sont magnétiques. Les huit amas du carré 1H37 ressemblent aux autres et varient quant aux dimensions d'environ 2 x 2 x 1 cm à 8 x 6 x 2 cm. Si l'on excepte trois morceaux qui faisaient nettement preuve de ferromagnétisme, ces scories étaient non magnétiques.

Le sectionnement a démontré que près du quart des amas contenait des fragments de fer métallique de petite et de grosse dimension (fig. 5), ces derniers étant manifestement des objets oubliés dans la forge par le forgeron. Dans certains cas, les amas n'étaient que des morceaux de fer rouillé ou un mélange de fer et de scories. Nous avons observé une teinte

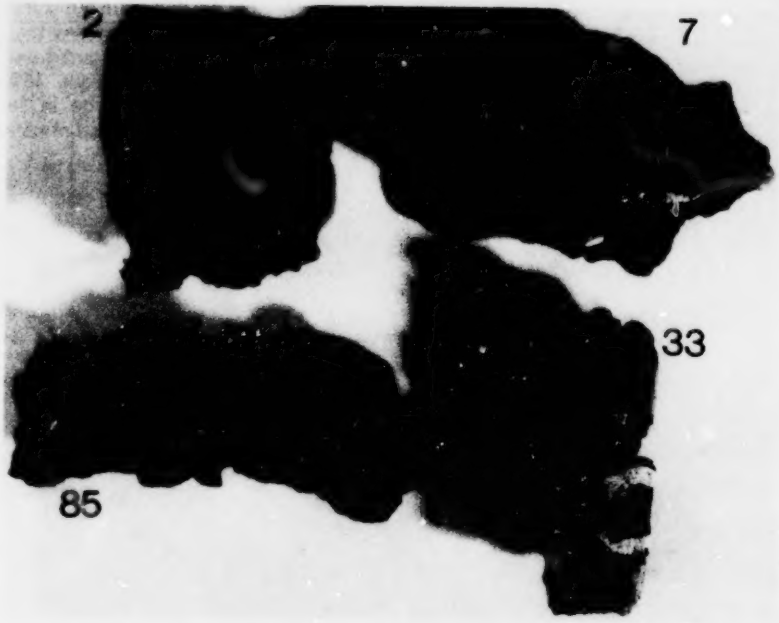
1 Agrégat de scories en forme de galette (nº 9). (x0,7) (Photo de l'auteur.)



2 Agrégat de scories (nº 33) d'apparence ondulée attribuable à l'écoulement visqueux. (x0,7) (Photo de l'auteur.)

3 Agrégat de scories (nº 60) avec empreintes de bois brûlé. (x0,6) (Photo de l'auteur.)

4 Agrégat de scories (nº 47) renfermant du charbon de bois. (x1) (Photo de l'auteur.)

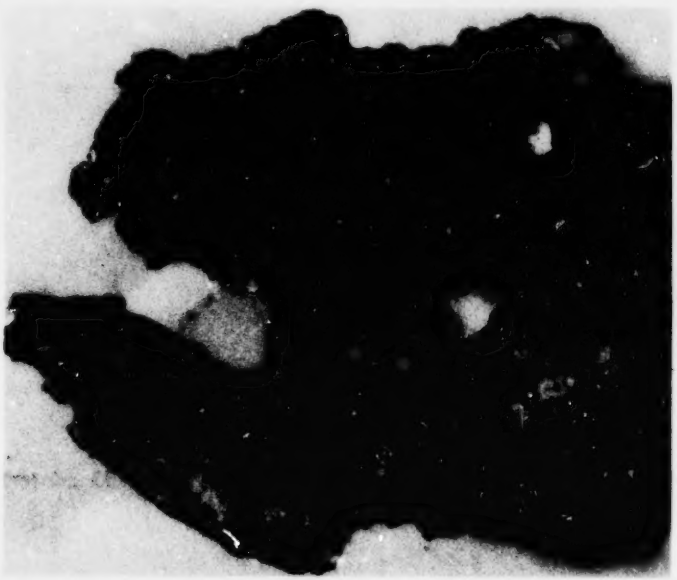


5 Plaquette d'agrégats de scories, nos 2, 7, 85 et 33 contenant des fragments de métal. (x1,5) (Photo de l'auteur.)

rouge, semblable à celle du cuivre, à la surface de certains des amas et, après sectionnement, nous avons constaté qu'elle se poursuivait jusqu'à une certaine profondeur.

Les premiers examens microscopiques ont démontré que les échantillons étudiés appartiennent à deux catégories principales. La première, qui regroupe près de la moitié des échantillons, constitue la catégorie des scories "véritables" présentant une structure homogène et des microconstituants typiques des scories. La deuxième catégorie, que l'on peut désigner, de façon générale, par les termes de scories contaminées, est composée de cendres et de suie scorifiée provenant du four. Leur structure hétérogène est caractérisée par l'absence de microconstituants reconnaissables. En général, les amas de scories (pures) sont foncés, lourds et denses tandis que les amas contaminés sont pâles, légers et poreux. La plupart des plaques de scories polies que nous avons observées à l'oeil nu ou à faible grossissement paraissent noires ou vert foncé teinté de bleu (fig. 6). Leur texture ressemble à celle du verre avec de petits pores. En revanche, les plaques polies des échantillons de scories contaminées sont caractérisées par leur apparence marbrée où le noir se mélange au blanc-gris et par de nombreux gros pores qui leur donnent un aspect semblable à celui de la pierre ponce.

Des renseignements additionnels concernant les scories et les scories contaminées ont été obtenus grâce à des essais de densité et à l'analyse de dispersion de l'énergie du contenu approximatif en fer, dont les résultats sont présentés au tableau 2. Ce dernier montre que les échantillons de scories provenant de la forge et de la palissade contiennent une forte quantité de fer (25 à 50 %) en plus d'avoir une densité relativement élevée (2,5 à 3,6), tandis que le contenu en fer des scories contaminées (8 à 25 %) et leur densité (2,0 à 2,7) sont beaucoup plus faibles. En plus du fer, l'analyse de dispersion de l'énergie en surface a décelé dans certains échantillons des traces de cuivre et de zinc. Au total, l'examen préliminaire des scories a démontré que les échantillons trouvés à l'emplacement de la forge et de la palissade sont semblables, mais que ces der-



6 Plaquette d'agrégats de scories (haut, nº 33), d'apparence foncée unie contenant des scories contaminées, (bas, nº 24) d'apparence marbrée. (x1) (Photo de l'auteur.)

Tableau 2. Densité et teneur en fer des scories

Provenance	Matériau	Nombre d'échantillons	Teneur approximative en fer (%)		Densité		Poids (g)		Grosseur approximative (cm)
			Échelle	Moyenne	Échelle	Moyenne	Échelle	Moyenne	
Atelier du forgeron	Scories	17	26-41	34	2,5-3,5	3,1	50-500	220	11x9x3
	Scories contaminées	29	8-25	15	2,2-2,7	2,5			
Palissade	Scories	13	32-49	40	2,5-3,6	3,0	10-350	120	8x6x2
	Scories contaminées	20	8-24	14	2,0-2,4	2,2			et moins

Tableau 3. Analyse chimique des scories *

	Atelier du forgeron									Palissade											
	1H51									1H37		1H43									
Nº de code	2	5	7	8	22*	28	29	33	47*	50	51	60	61	62	63	64*	67	69*	71	73*	84	85	86*
Fe total	41,5	44,7	33,0	33,5	8,6	22,2	45,8	24,7	21,5	29,6	49,4	34,9	24,7	36,8	28,3	6,5	23,3	12,2	26,4	12,5	55,1	52,1	27,9
FeO**	53,4	57,5	42,5	43,1	11,1	28,6	58,9	31,8	27,7	38,1	63,6	44,9	31,8	47,3	36,4	8,4	30,0	15,7	34,0	16,1	70,9	67,0	35,9
SiO_2	38,2	31,6	34,9	44,3	73,0	58,1	30,9	47,9	47,6	37,1	28,8	37,7	46,7	34,7	42,8	73,6	48,3	59,7	39,6	61,9	13,3	21,8	44,4
CaO	2,9	3,2	12,3	4,1	4,0	4,8	3,7	7,0	8,3	11,4	3,4	6,0	10,6	7,3	9,0	3,5	7,7	7,9	9,8	7,5	2,7	3,7	7,2
Al_2O_3	2,1	2,3	2,1	2,5	4,7	3,1	1,8	3,7	4,1	3,7	1,4	2,9	3,8	2,7	3,5	6,7	6,6	6,5	3,9	5,6	1,1	2,4	4,3
MnO	0,02	0,1	0,3	0,06	0,06	0,02	0,02	0,1	0,08	0,06	0,08	0,04	0,06	0,02	0,02	0,02	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,02	0,06
MgO	0,7	0,8	2,1	0,8	1,1	1,0	0,7	2,0	2,5	3,9	0,8	1,4	2,0	2,5	2,5	1,6	3,1	2,9	2,8	2,7	0,9	1,9	2,3
P_2O_5	0,4	0,3	0,7	0,5	0,2	0,4	0,4	0,3	0,7	0,5	0,7	0,3	0,4	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,5	0,5	0,3	0,1	0,3
S	0,02	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
TiO_2	0,09	0,1	0,09	0,1	0,2	0,1	0,07	0,07	0,2	0,2	0,07	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,07	0,1	0,2
Na_2O	0,5	0,5	0,4	0,7	1,1	0,7	0,5	0,6	0,7	0,7	0,4	0,5	0,7	0,6	0,7	1,2	0,9	1,0	0,5	1,1	0,2	0,5	0,8
K_2O	1,4	2,0	3,2	1,9	3,4	2,8	1,7	5,1	6,4	3,4	1,2	3,1	3,6	2,7	3,2	3,1	3,8	4,0	4,7	4,3	0,8	1,0	3,5
Cu	0,002	0,035	0,04	0,27	0,005	0,04	0,008	0,008	0,03	0,02	0,01	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,009	0,009	0,02	0,04	0,007	0,07
Total	99,7	98,4	98,7	98,2	98,9	99,7	98,7	98,6	98,3	99,1	100,5	97,0	99,9	98,2	98,7	98,6	101,0	98,4	96,1	100,0	90,4	100,5	99,0

* Scories contaminées

** Le fer est identifié par le symbole FeO

Tableau 4. Composition moyenne des scories (%)

	Scories							
	Scories de l'atelier		Scories de la palissade		Total des scories		Scories contaminées	
	Échelle	Moyenne	Échelle	Moyenne	Échelle	Moyenne	Échelle	Moyenne
Fe total	22-46	35	23-55	36	22-55	36	7-28	15
FeO	29-60	45	30-71	46,5	29-71	46	8-36	19
SiO_2	31-58	41	13-48	35	13-58	38	44-74	60
CaO	3-13	3,5	3-11	7	3-12	6,5	4-8	6
Al_2O_3	2-4	2,5	1-7	3	1-7	3	4-7	5
MnO	0,02-0,3	0,1	0,02-0,08	0,05	0,02-0,08	0,06	0,02-0,08	0,06
MgO	0,7-2	1,0	0,8-4	2	0,7-4	2	1-3	2
P_2O_5	0,3-0,7	0,4	0,1-0,7	0,4	0,1-0,7	0,4	0,1-0,7	0,4
S	0,00-0,02	0,01	0,00-0,04	0,01	0,00-0,04	0,01	0,00-0,2	0,01
TiO_2	0,07-0,1	0,09	0,07-0,2	0,15	0,07-0,2	0,1	0,2-0,3	0,2
Alcali*	2-6	3	1-5	3	1-6	3	4-7	5
Cu	0,002-0,04	0,02	0,007-0,04	0,02	0,002-0,04	0,02	0,005-0,07	0,03

* L'alcali est égal à la somme de Na_2O et K_2O.

niers sont généralement plus petits, plus légers et ont en moyenne une teneur en fer plus élevée.

En plus des scories, quatre objets métalliques, ayant probablement un rapport avec le brasage, ont été soumis à l'analyse de dispersion de l'énergie. Trois d'entre eux étaient en fer (1H51D2-7, 1H51C2-18 et 1H51K5-20) et étaient en partie recouverts d'un métal cuivreux. L'analyse de dispersion de l'énergie a également révélé des traces de bronze dans l'objet 1H51D2-7 contenant environ 5 pour cent d'étain et 5 pour cent de plomb alors que les objets 1H51C2-18 et 1H51K5-20 étaient recouverts de laiton contenant environ 20 pour cent de zinc. Le quatrième objet, en alliage de cuivre, était fait de laiton contenant environ 6 pour cent de zinc et 2 pour cent de plomb.

Analyse chimique

Le professeur C. Pride du Département de géologie de l'université d'Ottawa a procédé à l'analyse chimique de 23 échantillons de scories, choisis d'après l'examen préliminaire. Les résultats obtenus par l'analyse de fluorescence des rayons X pour mesurer la dispersion des longueurs d'ondes sont présentés au tableau 3, et la composition moyenne est résumée au tableau 4. En général, les échantillons de scories ont une teneur élevée en oxyde de fer (environ 46 %) et en silice (environ 38 %) mais une teneur peu élevée en anhydride phosphoreuse (environ 0,4 %) et très faible en oxyde de manganèse (environ 0,06 %). Les scories contiennent également de faibles quantités d'oxydes comme l'alumine (environ 3 %), la chaux (environ 7 %), la magnésie (environ 2 %) et l'oxide de titane (environ 0,1 %). Signalons également la présence d'une faible quantité de soufre qui ne dépasse pas 0,05 pour cent. Pour leur part, les échantillons de scories contaminées contiennent beaucoup moins d'oxyde de fer (environ 19 %) et plus de silice (environ 60 %), mais leur composition est semblable. L'analyse chimique complète confirme nos conclusions préliminaires sur le peu de différence qu'il y a entre les scories provenant de la forge et celles de la palissade.

L'analyse chimique de trois échantillons de métaux ferreux, dont les résultats figurent au tableau 5, a été confiée à la société Bondar-Clegg and Company Ltd., d'Ottawa. La composition de l'échantillon en fonte (nº 28) correspond à celle de la fonte brute moderne, sauf qu'il possède beaucoup moins de manganèse. Par contre, la composition du fragment de fer (nº 4M) est typique de l'ancien fer forgé, et l'échantillon nº 87 semble être un morceau de fer affiné.

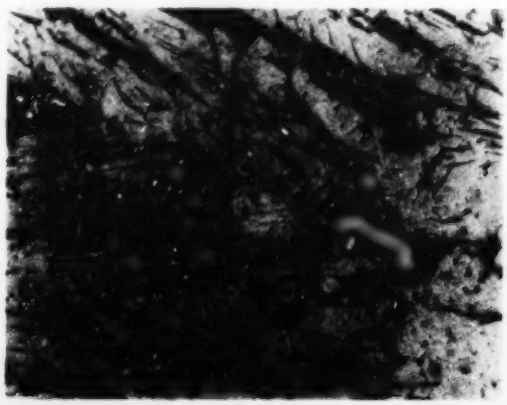
Tableau 5. Analyse chimique du métal ferreux

Matériau	Nº de code	Composition (%)				
		$C_{tot.}$	$C_{graph.}$	Si	Mn	S
Fragment de fonte dans l'agrégat de scories	28	1,85	0,91	1,94	0,010	0,050
Fragment de fer affiné	87	2,18	0,12	0,08	<0,01	0,07
Fragment de fer	4M	0,04	-	0,023	0,005	<0,005

Examen microscopique

Structure des scories

Pour l'examen microscopique, les échantillons ont été découpés à l'aide d'une fine

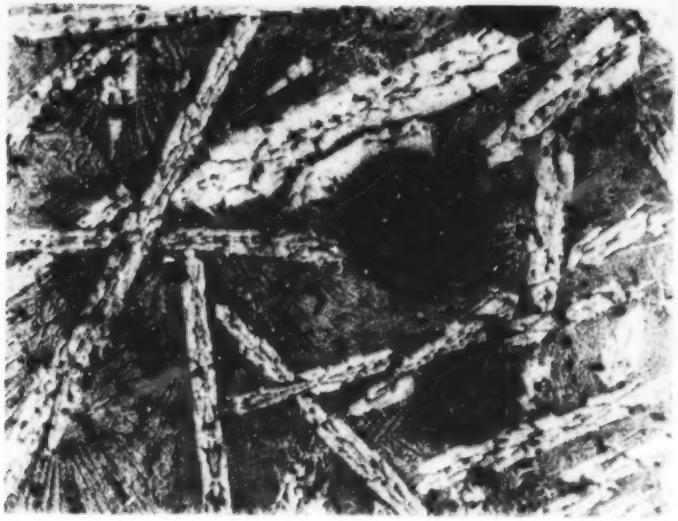


7 Structure de scorie (nº 8): colonnes de fayalite (gris pâle) dans une matrice d'anorthite (gris foncé). Échantillon poli (non traité à l'acide). (x64)

lame de diamant et montés à froid dans de la résine époxy. Après les avoir découpés et montés, on a procédé au ponçage des échantillons avec du papier abrasif (grains 320, 400 et 600) en se servant de l'eau courante comme liquide de lubrification et de refroidissement. Ces échantillons ont ensuite été polis avec un tissu de nylon enduit de pâte de diamant de 6-µm puis avec un tissu de velours à poils moyens-longs enduit de pâte de diamant de 1-µm. La structure des échantillons polis et traités au nital a été examinée à la lumière refléchie d'un microscope à des grossissements de 50, 100 et 500. La microdureté a été mesurée grâce à un microduromètre de type Vickers muni d'une pointe pyramidale en diamant à une charge de 100 g (Dureté Vickers, DV). On a fait les essais de dureté des échantillons de métal sur les plaques polies, par la méthode Rockwell superficielle. Les mesures obtenues par Rockwell 30T (bille de 1/16 po sous un poids de 30 kg) ont été converties en mesures Brinell DB 10/3000 standard comme dureté équivalente approximative (Dureté Brinell, DB).

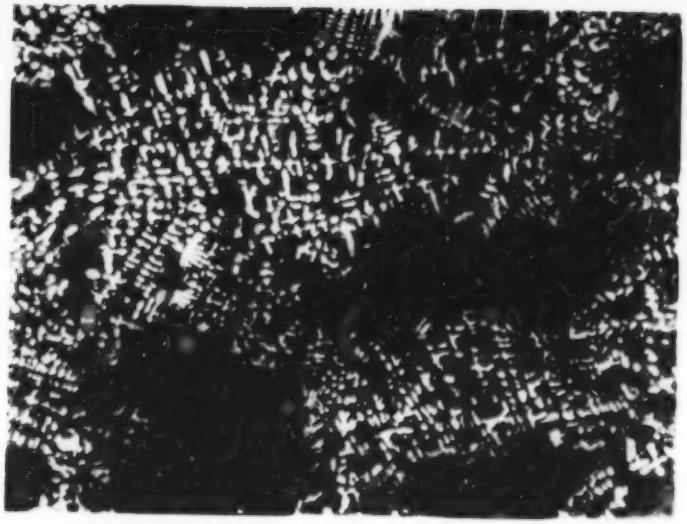
Les scories sont composées dans l'ensemble de fayalite (silicate de fer, $2FeO \cdot SiO_2$) et d'une matrice de verre dont la composition est voisine de celle de l'anorthite ($CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$). L'élément prédominant de la fayalite se présente habituellement sous forme de grosses colonnes gris clair, et l'anorthite correspond au fond gris foncé (fig. 7 et 9). La fayalite primaire apparaît parfois sous forme de gros cristaux rectilignes, bien formés, au lieu de cristaux en colonnes (fig. 8). Dans certains échantillons, de petites colonnes de fayalite secondaire côtoient la fayalite primaire (fig. 8 et 9). On rencontre régulièrement un élément primaire de wustite (oxyde de fer, FeO) dans les scories. Vue sous la lumière réfléchie, la wustite paraît blanche et présente des dendrites globuleuses arrondies que l'on rencontre le plus souvent avec l'anorthite (fig. 11 et 12). La dureté des différents éléments varie peu mais les variations ne sont pas négligeables. Les dendrites de wustite (536 DV_{100}) sont beaucoup plus tendres que la fayalite (673 DV_{100}) ou l'anorthite (606 DV_{100}). Plus dure que l'anorthite, la fayalite a tendance à craquer, surtout à partir des angles (fig. 12). La porosité des scories est très variable (fig. 10 et 11); les pores revêtent l'apparence de trous noirs dont

8 Structure de scorie (nº 28): cristaux rectilignes de fayalite (gris pâle), petites colonnes de fayalite secondaire (gris pâle), matrice d'anorthite (gris foncé); pores (noirs). Échantillon poli (non traité à l'acide). (x85)



9 Structure de scorie (nº 61): grosses colonnes de fayalite primaire et petites colonnes de fayalite secondaire (gris pâle) dans une matrice d'anorthite (gris foncé); pores (noirs). Échantillon poli (non traité à l'acide). (x85)

10 Structure de scorie (nº 71): colonnes de fayalite (gris pâle) et quelques dendrites de wustite (blanche) dans une matrice d'anorthite (gris foncé); pores (noirs). Échantillon poli (non traité à l'acide). (x85)

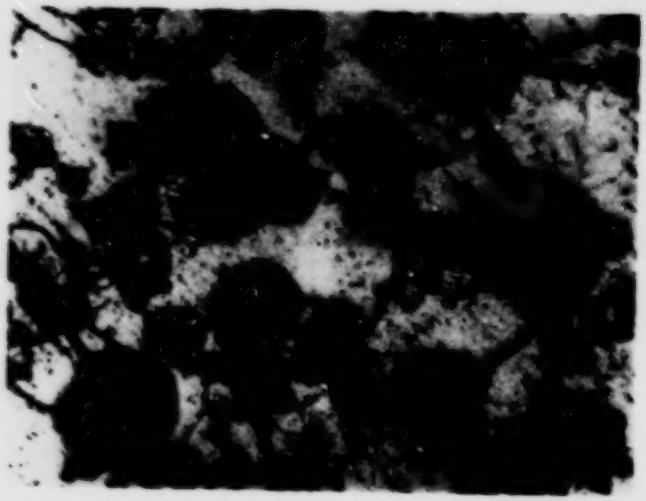


11 Structure de scorie (nº 85): dendrite de wustite (blanche) dans une matrice composée de fayalite et d'anorthite (grise); pores (noirs). Échantillon poli (non traité à l'acide). (x85)

12 Correspond à la figure 11 à un grossissement plus fort. La microdureté relative des éléments de scories (comme l'indique la dimension des empreintes) est de 536 DV_{100} pour la wustite (blanche), 673 DV_{100} pour la fayalite (gris pâle) et 606 DV_{100} pour l'anorthite (gris foncé). Échantillon poli (non traité à l'acide). (x425)

le diamètre varie de la grosseur d'une tête d'épingle à une grosseur moyenne (de 0,5 à 1,5 mm de diamètre). Dans certains échantillons de scories, autour de larges cavités corrosives, on a découvert une structure hétéroclite de zones et d'enveloppes d'oxyde de fer.

Les échantillons de scories contaminées ont une structure nettement différente de celle des autres scories. Ces échantillons varient d'une structure de fusion intégrale (laitier) à une structure composée de grandes colonnes de fayalite sur un fond réfractaire (revêtement scorifié du fourneau). La microstructure du laitier (fig. 13) montre qu'il contient un grand nombre de particules angulaires de silice incrustées dans une matrice fondue amorphe comprenant de nombreux pores. Les particules de silice, dont la dureté



13 Structure de scorie contaminée (laitier nº 14): particules de silice angulaires (>1100 DV_{100}) dans une matrice fondue de fayalite (678 DV_{100}); de nombreux pores (noirs). Échantillon poli (non traité à l'acide). (x40)

Tableau 6. Type de scories

Matériau	Nombre d'échantillons	Nº de code
Scories	19	2, 5, 7, 8, 28, 29, 33, 48, 50, 60, 61, 62, 63, 66, 67, 71, 82, 84, 85
Scories contaminées	21	6, 9, 12, 13, 15, 18, 19, 22, 24, 26, 37, 39, 46, 47, 51, 53, 64, 69, 70, 73, 86
Pierre siliceuse	3	40, 42, 74
Agrégats de fer	5	79, 80, 81, 83, 87

* Les chiffres soulignés indiquent que les agrégats contiennent des fragments de fer métallique.

14 Structure de scorie contaminée provenant du revêtement du four (scorifié) (nº 50); colonnes de fayalite (gris pâle) pénétrant dans un fond réfractaire (gris foncé); particules de silice également visibles (à droite). Échantillon poli (non traité à l'acide). (x37,5)

est très élevée, ont une microdureté supérieure à 1100 DV_{100}, tandis que la microdureté de l'élément de liaison (678 DV_{100}) correspond sensiblement à celle de la fayalite des scories. Le revêtement scorifié du fourneau contient d'autre part des colonnes typiques de fayalite qui pénètrent dans la matrice fondue (fig. 14). On peut voir au tableau 6 la quantité et le type de matériaux qui ont été découverts dans les 48 échantillons examinés.

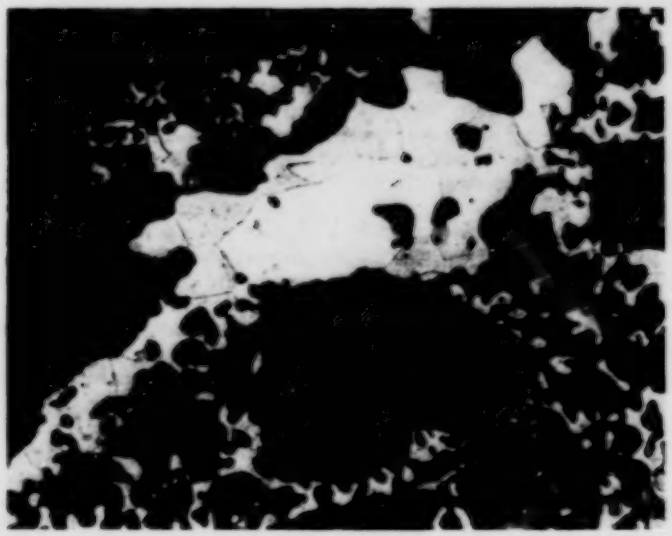
Comme le montre le tableau 6, la majorité des échantillons sont constitués de scories dont près de 50 pour cent sont pures. L'autre moitié est formée de scories contaminées réparties en quantités à peu près égales de laitier et de revêtement scorifié du fourneau. Sur les échantillons, trois sont de pierre siliceuse et cinq sont des agrégats de métal ferreux hautement corrodés.

Structure des fragments de métal trouvés dans les scories

L'examen microscopique nous a fait découvrir la présence de fragments de métal dans 20 agrégats de scories et nous a également montré que 5 de ces agrégats étaient en métal ferreux. La forme et la grosseur des fragments étaient fort diverses. Certains ressemblaient à de petites boules et d'autres étaient gros et même massifs. La plupart des fragments étaient de forme irrégulière mais plusieurs avaient une forme régulière (c.à.d., qu'ils avaient la forme d'une tige d'environ 5 mm de diamètre, ou d'un cylindre de 10 mm de diamètre avec une paroi de 2 mm d'épaisseur, voir fig. 5). Les fragments de métal se présentaient souvent près de la surface des agrégats de scories, étaient fortement corrodés et percés d'une multitude de cavités. La dureté de ces fragments de métal corrodés allait de 130 à 150 DB.

Un examen microscopique plus poussé nous a permis de mettre en évidence trois matériaux différents parmi les fragments de métal: le fer, l'acier et la fonte. La structure des fragments de fer est faite de grains de ferrite équiaxes comme l'indiquent les figures 15 et 16 à l'endroit où les scories entourent le fer métallique doux. Les lignes noires dans la ferrite marquent les limites des grains et font ressortir la grosseur des grains de ferrite. Selon leur teneur en carbone, les fragments d'acier renferment de la perlite (acier dur de la fig. 19), ou de la perlite et de la ferrite

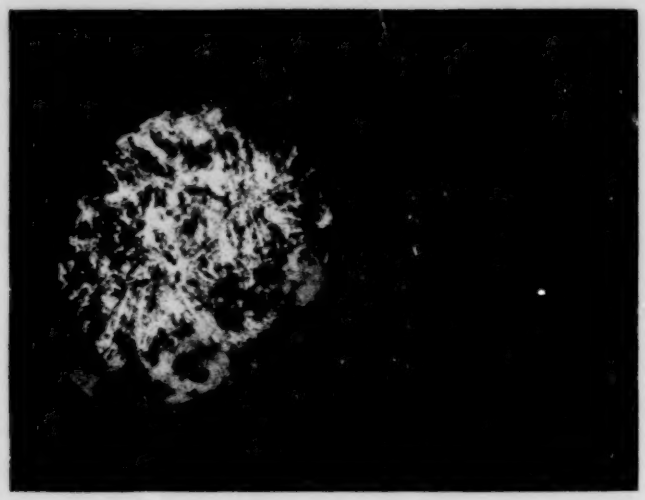
15 Structure du fragment de fer emprisonné dans la scorie (nº 48): grains de ferrite équiaxes (pâle). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital pour rehausser le contraste. (x85)



16 Structure du fragment de fer emprisonné dans la scorie (nº 61): grains de ferrite équiaxes (pâle). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x85)

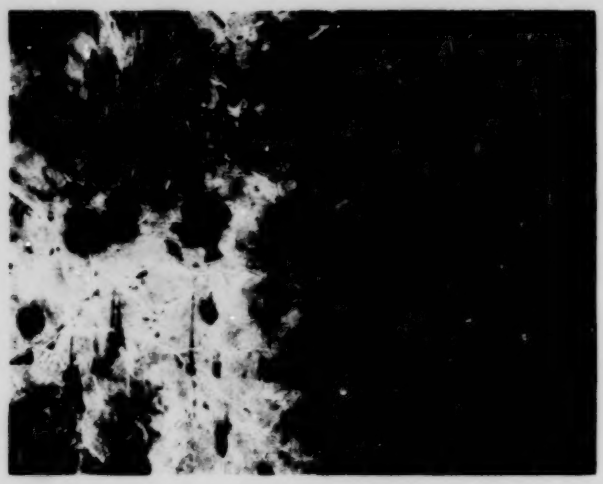
17 Structure du fragment d'acier à moyenne teneur en carbone emprisonné dans la scorie (nº 85): ferrite (pâle) et poches de perlite (foncée). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x85)

18 Structure Widmannstätten du fragment d'acier à teneur moyenne en carbone enfermé dans la scorie (nº 7): ferrite (pâle) dans l'espace intergranulaire et à l'intérieur des grains, dans une matrice de perlite (foncée). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x85)



19 Structure du fragment d'acier à teneur élevée en carbone enfermé dans la scorie (nº 67): matrice de perlite. Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x80)

20 Structure du fragment d'acier à haute teneur en carbone (à gauche) enfermé dans la scorie (nº 62): perlite non résolue. Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x142,5)



21 Structure du fragment de fonte (à gauche) enfermé dans la scorie (nº 28): cémentite (pâle) dans l'espace intergranulaire et à l'intérieur des grains de perlite (foncée). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x38)

(acier mi-dur de la fig. 17) souvent accompagnées d'une structure de Widmannstätten. Cette structure géométrique caractéristique de la ferrite aux limites des grains et à l'intérieur des zones de perlite apparaît à la figure 18. La structure d'un fragment en acier dur est illustrée à la figure 20. La matrice foncée est celle de la perlite dont la structure lamellaire à deux éléments ne peut pas être résolue au grossissement choisi.

Dans plusieurs agrégats de scories, nous avons trouvé de façon inattendue des fragments de métal possédant la structure de la fonte. Ces fragments et quelques-uns des autres agrégats de métal ont dans l'ensemble une matrice perlitique avec de la cémentite dans l'espace intergranulaire et à l'intérieur des grains (fig. 21). La structure de la fonte découverte dans l'agrégat nº 28, par exemple, est formée de zones perlitiques bordées d'enveloppes de cémentite libre et de quelques paillettes de graphite (fig. 22). Dans la plupart des spécimens, cependant, tout le carbone se présente sous forme de cémentite libre ou comme composante de la perlite. Il s'agit là d'une caractéristique de la fonte blanche. La structure de la fonte et du fer affiné des agrégats de métal nºs 83 et 87 est constituée d'aiguilles blanches de cémentite dans une matrice foncée de perlite (fig. 23 et 25). À un grossissement plus fort, les détails du fond perlitique et les gros carbures deviennent visibles (fig. 24 et 26).

Contrairement à la perlite foncée, la ferrite et la cémentite paraissent toute deux blanches au microscope. Comme l'indique la grosseur des empreintes des essais de microdureté de la figure 26, tandis que la ferrite est tendre, la cémentite est très dure. L'échelle de microdureté des microconstituants mis en évidence dans les échantillons de métal examinés est la suivante:

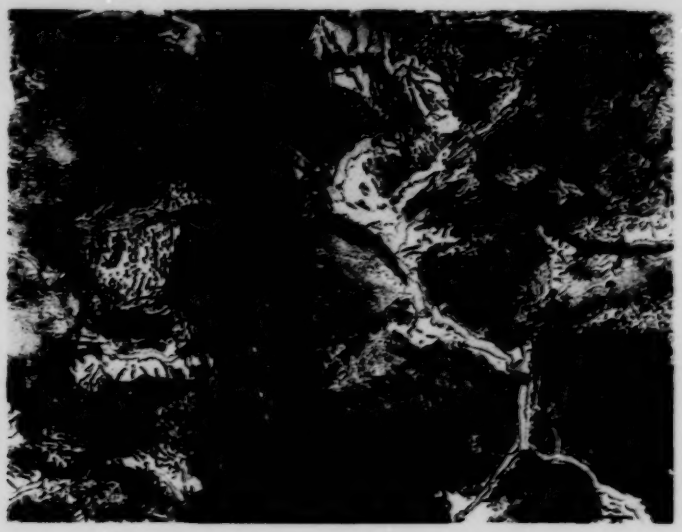
ferrite	100-150 DV_{100}
perlite	200-400 DV_{100}
cémentite	850-1000 DV_{100}

La structure des fragments de métal examinés est résumée au tableau 7.

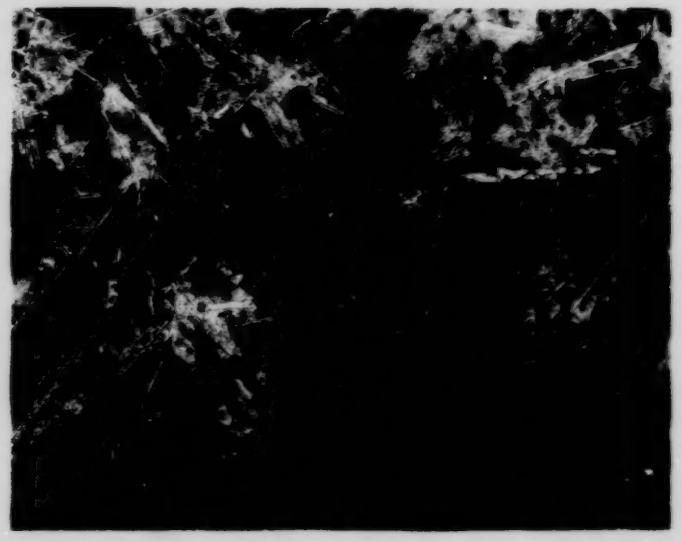
Tableau 7. Type de métal trouvé dans les agrégats de scories

Structure du matériau	Fer Matrice de ferrite	Acier Matrice de perlite ou perlite et ferrite	Fonte Matrice de perlite avec cémentite
Échantillons* Nº de code	11(1) 2, 29, 47, 48, 50, 53, 60, 61, 63, (79), 82	5 7, 67, 73, 85, 86	8 (3) 5, 8, 28, 33, 62, (81), (83), (87)

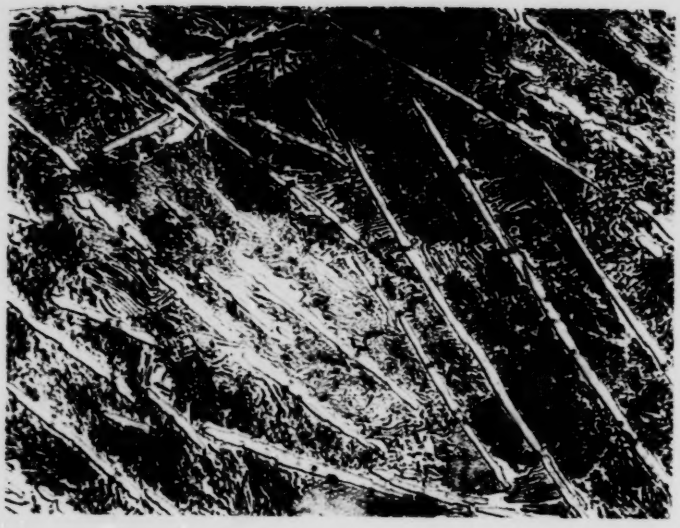
* Les chiffres entre parenthèses indiquent qu'il s'agit d'agrégats de métal (et non pas de fragments de métal dans les scories).



22 Figure 21 à un grossissement plus fort. Cémentite (pâle) et paillettes de graphite (gris foncé) dans une matrice de perlite lamellaire (grise) et quelques cavités (noires). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x170)



23 Structure de l'agrégat de fonte (nº 83): aiguilles de cémentite (pâle) dans une matrice de perlite (foncée) et quelques cavités (noires). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x85)

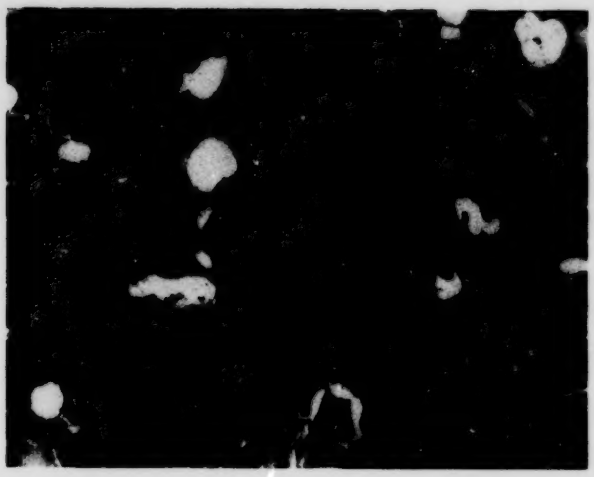


24 Figure 23 à un grossissement plus fort. Plaques de cémentite (pâle) dans une matrice de perlite lamellaire (foncée). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x425)

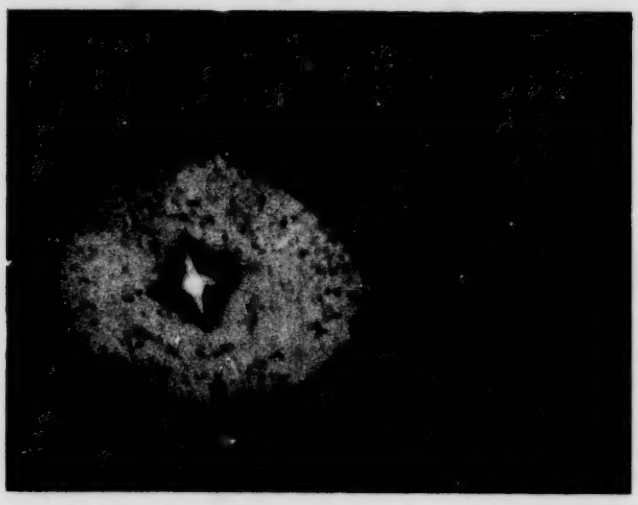
25 Structure de l'agrégat de fer affiné (nº 87): cémentite (pâle) dans une matrice de perlite (foncée) et cavités (noires). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x85)

L'échantillon nº 8, avec son fragment de métal ferreux corrodé logé en surface, est un cas spécial. La structure à deux éléments du métal est celle de la perlite fine (410 DV_{100}) et d'un élément pâle non identifié (635 DV_{100}), peut-être de la cémentite, qui se trouve dans l'espace intergranulaire et sous forme d'aiguilles à l'intérieur des grains (fig. 27 et 28). La matrice de perlite comporte également beaucoup de particules de cuivre rougeâtre (149 DV_{100}) de forme globulaire ou irrégulière de 0,1 à 0,2 mm. La présence du cuivre dans le métal a été confirmée par l'analyse de dispersion de l'énergie dont le spectre présente un sommet très net de cuivre. Les particules sont apparues à l'examen microscopique non seulement dans le métal mais aussi dans les scories elles-mêmes (fig. 29). L'analyse chimique de l'agrégat de scories a montré la présence de 0,27 pour cent de cuivre (tableau 3); cependant, l'absence de cuivre dans la matrice de scories nous a été révélée par un microanalyseur à rayons X de microscope à balayage électronique. Ceci confirme que le cuivre se trouve sous forme d'inclusions métalliques dans les scories comme nous l'avions remarqué au microscope.

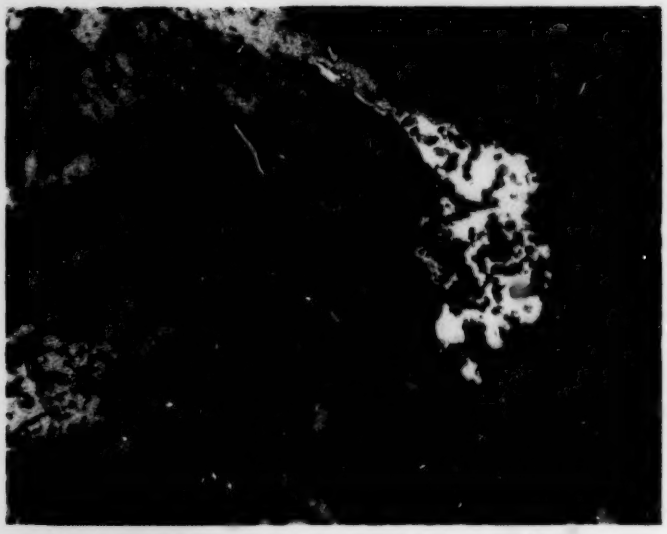
26 Figure 25 à un grossissement plus fort. Cristaux de cémentite massifs (946 DV_{100}) dans une matrice de perlite lamellaire (254 DV_{100}). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x425)



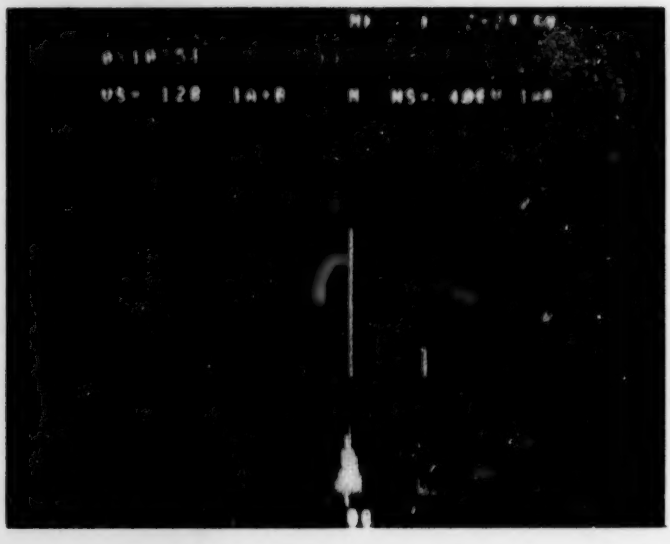
27 Structure du fragment de fonte enfermé dans la scorie (n° 8): élément pâle dans l'espace intergranulaire et à l'intérieur des grains de perlite (foncée) ainsi qu'un grand nombre de particules de cuivre (blanc). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x75)



28 Figure 27 à un grossissement plus fort. Élément pâle dans l'espace intergranulaire (635 DV_{100}) dans une matrice de perlite fine (410 DV_{100}) et une partie globulaire de cuivre (149 DV_{100}). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x400)



29 Structure de la scorie (nº 8) avec morceau de cuivre emprisonné (pâle). Échantillon traité avec une solution composée de 5 pour cent de chlorure de fer. (x85)



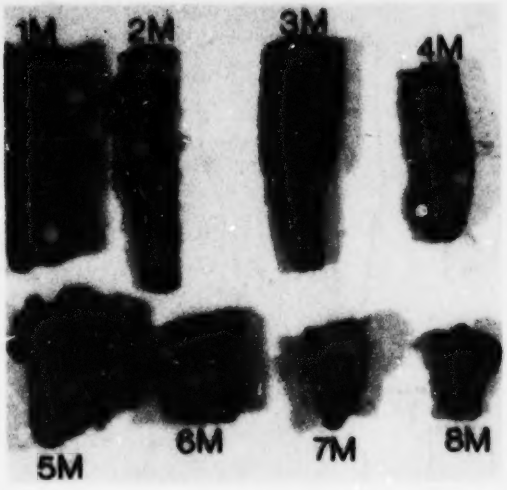
30 Spectre de la fluorescence des rayons X mesurant la dispersion d'énergie de l'agrégat nº 8 contenant des particules de cuivre, et montrant des maximums de fer (foncé) et de cuivre (pâle). (Photo de l'auteur.)

Structure des objets en fer

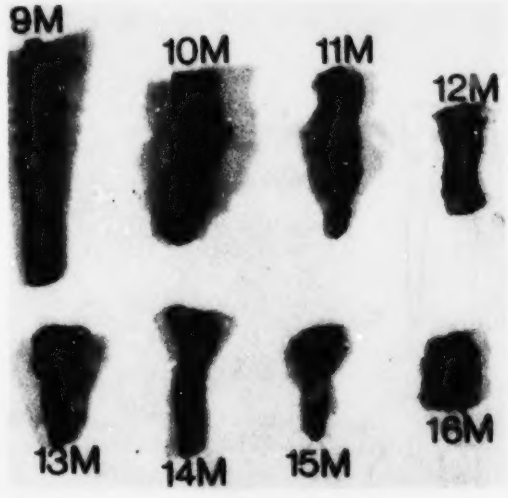
En plus des fragments de fer dans les agrégats de scories, on a également découvert des objets en fer dans la boutique de forge. Seize de ces objets, qui ont la forme de petites barres et de petites cales ne dépassant pas 2 x 1 x 7 cm, ont été soumis à un examen métallographique. Les observations visuelles nous ont révélé que les fragments de fer étaient recouverts d'une couche de rouille de surface mêlée à du sable d'enfouissement ainsi qu'à des écailles magnétiques noires. L'aspect de la surface de ces objets est illustrée aux figures 31 et 32 et leur forme à la figure 33. Les microplaquettes de fer ont été préparées de la même manière que celles des scories.

L'examen des plaquettes polies et traitées au nital a révélé que la structure de la plupart des fragments était caractéristique du fer forgé. Nous avons également noté une structure typique de l'acier dans quatre de ces fragments. Le fer forgé présente une structure de grains de ferrite équiaxes et divers cordons de scories orientés dans la direction de la déformation plastique dominante dont l'aspect filiforme apparaît clairement dans la coupe longitudinale (fig. 34). Le nombre et la dimension des cordons de scories varient considérablement à l'intérieur d'un même objet et de l'un à l'autre, et il arrive souvent que leur répartition ne soit pas uniforme. Les scories ont une structure à deux éléments (fig. 35), faite d'un mélange de FeO et de SiO_2, mais on a également noté la présence d'inclusions à un seul élément d'un noir uniforme.

Comme le montre le faible grossissement de la figure 36, dans la plupart des fragments de fer forgé, les grains de ferrite sont de dimension moyenne (ASTM nos 5 et 6). Un grossissement plus fort fait ressortir la présence de minces couches de cémentite dans le large espace intergranulaire de ce matériau à très faible teneur en carbone (fig. 37). La microdureté de la ferrite de six de ces objets (1M, 3M, 4M, 7M, 9M et 16M) est de l'ordre de 100 à 140 DV_{100}, ce qui est caractéristique du fer doux presque pur. La dureté globale de ces objets (80 à 120 DB) est également peu élevée, mais celle des cinq autres objets de fer forgé (6M, 10M, 12M, 14M et 15M) est exceptionnellement élevée (130 à 210 DB). Fait intéressant à noter, la microdureté de la ferrite de ces objets (160 à 280 DV_{100}) est aussi très élevée. Cela suggère que les cinq fragments

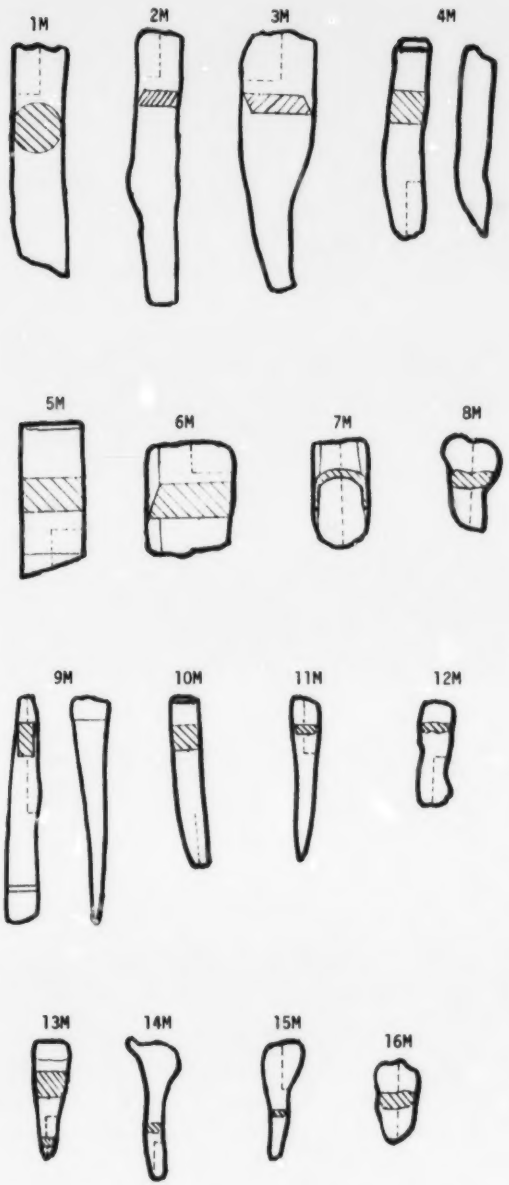


31 Aspect de la surface des fragments de fer 1M à 8M. (x0,4) (Photo de l'auteur.)

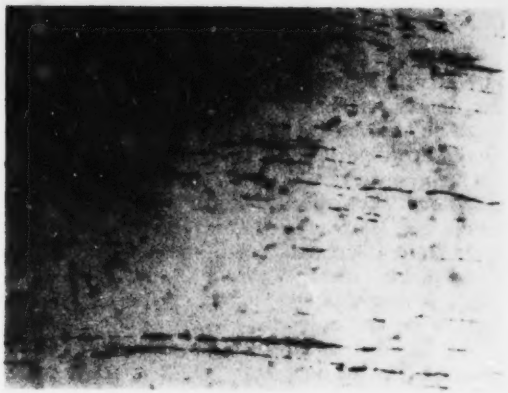


32 Aspect de la surface des fragments de fer 9M à 16M. (x0,5) (Photo de l'auteur.)

sont constitués de fer à haute teneur en phosphore (fragile à froid) et leur dureté élevée semble imputable à la présence d'une grande quantité de phosphore, qui durcit le fer presque autant que le carbone.



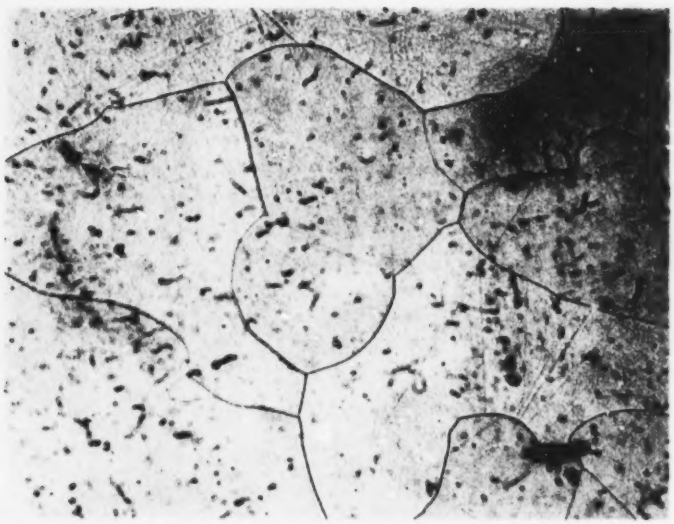
33 Croquis des fragments de fer et emplacement des plaquettes (indiqué par la ligne pointillée). (Dessin de l'auteur.)



34 Cordons de scories (noires) dans le fragment de fer forgé (3M). Échantillon poli (non traité à l'acide). (x64)

35 Structure à deux éléments des inclusions de scories dans le fragment de fer forgé (9M): mélange de FeO et de SiO_2. Échantillon poli (non traité à l'acide). (x320)

36 Structure typique du fragment de fer forgé (6M): grains de ferrite équiaxes de grosseur moyenne (pâle) et cordons de scories (noires). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x85)

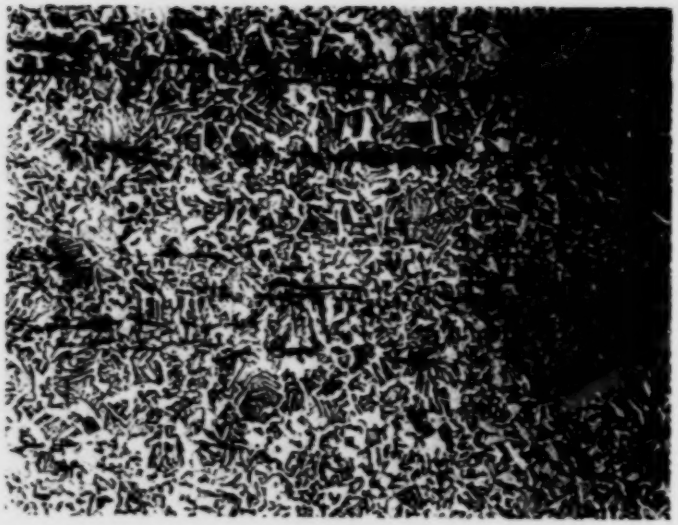


37 Figure 36 à un grossissement plus fort. Minces couches de cémentite dans le large espace intergranulaire de ferrite. Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x425)

Les grains de ferrite équiaxes polygonaux que nous avons observés dans les fragments de fer forgé indiquent que le forgeage a eu lieu à chaud et qu'il s'est terminé à une température supérieure à la température de recristallisation. Un seul fragment (15M) porte des traces de travail à froid. Dans ce cas (fig. 38), la microstructure présente des cristaux de ferrite traversés de lignes relativement droites, parallèles à l'intérieur d'un même grain mais d'orientation différente d'un cristal à l'autre. Il s'agit là des lignes de Neumann (hémitropie mécanique) qui ne se rencontrent que dans la ferrite et témoignent d'une déformation du matériau habituellement causée par une contrainte soudaine comme celle que subit l'arête d'une hache. Les lignes de Neumann se rencontrent fréquemment dans le fer forgé à la main, en particulier dans les métaux cassants dont la teneur en phosphore est élevée. Quatre des fragments de fer forgé (3M, 9M, 14M et 15M) sont carburés par endroits. Cette carburation est probablement accidentelle et s'est produite dans le feu de carbone de bois au cours des travaux de forgeage.

Parmi les fragments que nous avons examinés, quatre (2M, 5M, 11M et 13M) présentent une structure typique de l'acier: matrice de perlite et, à l'occasion, un peu de ferrite. La structure de la barre d'acier mi-dure 5M (fig. 39) est en grande partie du type Widmannstätten, comprenant de la ferrite (122 DV_{100}) dans l'espace intergranulaire antérieur d'austénite et apparaissant sous forme de plaques à l'intérieur des grains de la matrice de perlite (206 DV_{100}). La répartition Widmannstätten de la ferrite nous porte à croire que le fragment a finalement été refroidi à partir d'une température élevée à un rythme assez rapide. La présence de cordons brisés de scories à l'extrémité courbée de la barre est également intéressante à souligner. Ces inclusions de scories de silicate ont d'abord été allongées à l'état plastique pour ensuite être brisées par déformation à basse température, ce qui indique que l'extrémité recourbée de la barre a été travaillée lorsque le métal était plus froid. La structure de la cale d'acier dur 13M (fig. 40) renferme de la

38 Structure du fragment de fer forgé (15M): lignes de Neumann (lignes droites parallèles) à l'intérieur des grains de ferrite. Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x190)



39 Structure du fragment d'acier à teneur moyenne en carbone (5M): ferrite Widmannstätten (pâle) dans une matrice de perlite (foncée) et cordons de scories (noires). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x85)

40 Structure du fragment d'acier à haute teneur en carbone (13M): perlite très fine (perlite sorbitique). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x85)

perlite non résolue très fine appelée perlite sorbitique. Comme elle est très dure (351 DV_{100}), elle contribue à la dureté globale du matériau (340 DB). La formation de la perlite sorbitique résulte du refroidissement rapide à partir d'une température élevée et sa présence suggère qu'on a essayé de durcir le fragment d'acier par un traitement thermique (probablement par trempe dans l'eau). Dans les deux autres fragments d'acier dur (2M et 11M), la structure est composée de perlite partiellement ou entièrement globulaire (fig. 41 et 42

41 Structure du fragment d'acier à haute teneur en carbone (2M): perlite partiellement globulaire et inclusions de scories (noires). Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x70)

42 Structure du fragment d'acier à haute teneur en carbone (11M): gros carbures dans une matrice de ferrite; reste de perlite également visible. Échantillon traité avec une solution composée de 4 pour cent de nital. (x350)

respectivement). Ce genre de structure est dû au fait qu'on a chauffé le métal à une température d'environ 600 à 700°C pendant une période de temps prolongée ou qu'on a chauffé le métal à cette même température à plusieurs reprises au cours du forgeage.

Les caractéristiques et les particularités techniques des fragments de fer découlant de l'examen métallographique sont énumérées au tableau 8.

Tableau 8. Caractéristiques et particularités techniques des fragments de fer

N° de code	Matériau	Inclusions de scories (quantité et dimension)	Micro-constituants	Grosseur des grains N° ASTM	Micro-dureté DP_{100}	Dureté DB	Technique
1M	Fer forgé	Peu, moyennes	Ferrite	4	122	93	Travail à chaud
2M	Acier	Quelques-unes, très longues	Perlite partiellement globulaire	–	265	213	Chauffage à 600-700°C
3M	Fer forgé	Quelques-unes, longues	Ferrite	6	117	103	Travail à chaud carburation accidentalle
4M	Fer forgé	Quelques-unes, grosses	Ferrite	6	143	104	Travail à chaud
5M	Acier	Beaucoup, très longues	Ferrite	7	122	125	Travail à chaud
			Perlite		206		un peu de travail à froid
6M	Fer forgé	Beaucoup, courtes	Ferrite	5	194	151	Travail à chaud
7M	Fer forgé	Quelques-unes	Ferrite	6	138	122	Travail à chaud
8M	Fer corrodé	–	–	–	–	–	–
9M	Fer forgé	Quelques-unes	Ferrite	6	119	113	Travail à chaud carburation accidentelle
10M	Fer forgé	Peu	Ferrite	6	160	129	Travail à chaud
11M	Acier	Aucune	Ferrite		190	151	Chauffage à 600-700°C
					441		
12M	Fer forgé	Nombreuses, fines	Ferrite	8	222	134	Travail à chaud
13M	Acier	Aucune	Perlite sorbitique		351	340	Trempe (?)
14M	Fer forgé	Peu, fines	Ferrite	9	230	145	Travail à chaud carburation accidentelle
15M	Fer forgé	Aucune	Ferrite	8	276	210	Travail à chaud, travail à froid, carburation accidentelle
16M	Fer forgé	Quelques-unes, moyennes	Ferrite	5	100	83	Travail à chaud carburation accidentelle

ANALYSE ET INTERPRÉTATION

Constitution et point de fusion des scories

La constitution et le point de fusion des agrégats de scories ont été déterminés à partir des analyses chimiques à l'aide de la méthode de Morton et Wingrove (1969a: 1556-64). Le pourcentage des éléments constitutifs des scories est présenté au tableau 9.

Les échantillons de scories comprennent essentiellement de la fayalite (environ 70 %), de l'anorthite (environ 10 %) et une surépaisseur de silice (environ 20 %). Dans les échantillons de scories contaminées, la silice libre constitue l'élément prédominant (environ 30 %), avec une quantité importante de fayalite (environ 30 %) et un peu d'anorthite (environ 15 %). Sauf en ce qui concerne la silice libre, la présence de la fayalite, de la wustite et de l'anorthite a été observée au microscope. L'absence de silice libre dans la microstructure est due aux conditions de non-équilibre résultant de la rapidité du refroidissement. Ces conditions favorisent la formation de FeO et empêchent la formation de silice libre.

On a mesuré le point de fusion original de chacune des scories en utilisant le diagramme des trois éléments, FeO-SiO_2-anorthite, que l'on peut voir à la figure 43. Sur le diagramme, on voit que dans leur constitution minéralogique les scories se trouvent concentrées dans le secteur des compositions à point de fusion peu élevé et qu'elles rejoignent le secteur de la fayalite à environ 1200°C. En revanche, dans leur composition, un grand nombre d'autres scories se trouvent éloignées du secteur de la fayalite et sont dispersées dans la zone du plateau monotectique de cristobalite. Les scories contaminées sont situées encore plus près de l'angle du triangle SiO_2. Le rapport silice-autres oxydes est beaucoup plus élevé dans ces échantillons que dans les autres scories et, par conséquent, leur température de fusion est beaucoup plus élevée. Ainsi, le point de fusion de certaines scories et de tous les échantillons contaminés ne tombe pas dans la catégorie des basses températures de travail. Cette observation confirme les conclusions de l'analyse microscopique voulant qu'une grande partie du matériau soit constituée de scories contaminées par le revêtement du fourneau (fond de sable), ou par quelque autre dérivé peu ordinaire d'un procédé de forgeage inadéquat.

Formation des scories

Les scories provenant du travail du fer secondaire sont désignées sous le terme de scories de forge et constituent un résidu de l'opération de forgeage qui consistait à chauffer les pièces de fer dans la forge, entraînant une perte considérable de fer. Souvent on se servait de sable comme fondant pour faciliter le désincrustage du fer forgé. Les scories se forment à partir des oxydes ferreux (battitures, laitier, inclusions de scories dans le fer forgé) ainsi que d'autres composantes comme le sable, la terre, le revêtement fondu du fourneau ou des cendres et des restes de charbon.

Nous avons vu précédemment que les objets examinés provenant du fort Saint-Joseph contiennent des scories pures et des scories contaminées. La haute teneur en silice des scories est, semble-t-il, imputable à l'interaction entre la scorie fondue et le sable du fond du fourneau. La silice du lit de sable se serait combinée avec de l'oxyde ferreux pour former la fayalite qui, sous forme de scorie fondue, a coulé au fond du fourneau où elle a pris l'aspect d'une galette à cause de la forme concave de la sole. La faible teneur en manganèse des scories étudiées est sans doute le résultat de la dilution avec le sable de la sole. Une partie des scories contaminées a été formée par l'amalgamation du fourneau aux scories en fusion, d'où le nom que nous leur avons donné de revêtement scorifié de fourneau. Les colonnes de fayalite qui témoignent de la pénétration du revêtement en fournissent la preuve. D'autres échantillons, appelés laitier, ont vraisemblablement pris naissance lorsque des morceaux de la paroi réfractaire du fourneau se sont détachés et se sont amalgamés avec les scories fondues.

Les nombreux morceaux de scories contaminées trouvés à la forge donnent à

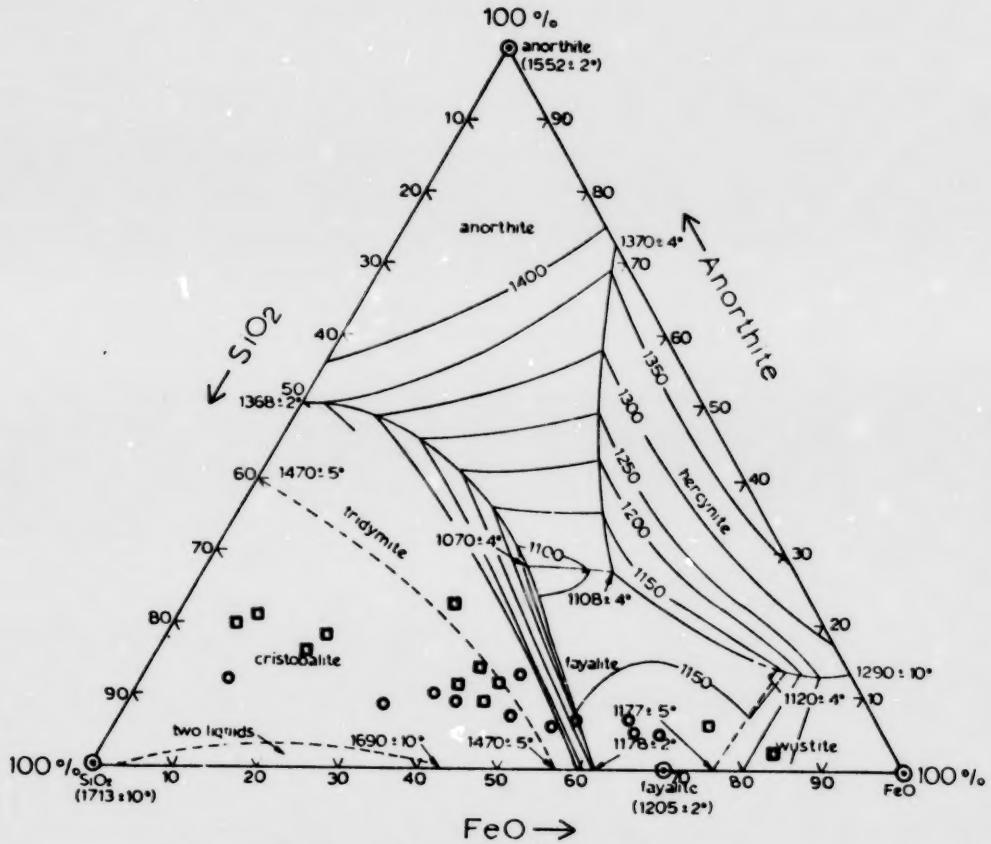
Tableau 9. Constitution des scories, %

Nº de code	2	5	7	8	22*	28	29	33	47*	50	51	60
Analyse												
FeO	53,3	57,5	42,5	43,0	11,1	28,6	58,9	31,8	27,7	38,1	63,6	44,9
SiO_2	38,2	31,6	34,9	44,3	73,0	58,1	30,9	47,9	47,6	37,1	28,8	37,7
CaO	2,09	3,2	12,3	4,1	4,0	4,8	3,7	7,0	8,3	11,4	3,4	6,0
Al_2O_3	2,1	2,3	2,1	2,5	4,7	3,1	1,8	3,7	4,1	3,7	1,4	2,9
MnO	0,02	0,1	0,3	0,06	0,06	0,02	0,02	0,1	0,08	0,06	0,08	0,04
MgO	0,7	0,8	2,1	0,8	1,1	1,0	0,7	2,0	2,5	3,9	0,8	1,4
P_2O_5	0,4	0,3	0,7	0,5	0,2	0,4	0,4	0,3	0,7	0,5	0,7	0,3
S	0,02	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00
TiO_2	0,09	0,1	0,09	0,1	0,2	0,1	0,07	0,07	0,2	0,2	0,07	0,1
Alcali	1,8	2,4	3,6	2,6	4,5	3,4	2,2	5,7	7,0	4,1	1,6	3,6
Analyse de coulée												
FeO	53,6	58,5	43,1	43,9	11,2	28,7	59,8	32,3	28,2	38,5	63,4	46,3
SiO_2	38,4	32,2	35,4	45,2	73,8	58,4	31,3	48,6	48,4	37,4	28,7	38,9
CaO	2,9	3,2	12,5	4,2	4,1	4,8	3,7	7,1	8,5	11,5	3,4	6,2
Al_2O_3	2,1	2,4	2,1	2,6	4,7	3,1	1,8	3,8	4,2	3,8	1,4	3,0
MnO	0,02	0,1	0,3	0,06	0,06	0,02	0,02	0,1	0,08	0,06	0,08	0,04
MgO	0,7	0,8	2,2	0,8	1,11	1,0	0,7	2,1	2,6	3,9	0,8	1,5
P_2O_5	0,4	0,3	0,7	0,5	0,2	0,4	0,4	0,3	0,7	0,5	0,7	0,3
S	0,02	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00
TiO_2	0,09	0,1	0,09	0,1	0,2	0,1	0,07	0,07	0,2	0,2	0,07	0,1
Alcali	1,9	2,5	3,7	2,7	4,5	3,4	2,2	5,8	7,2	4,1	1,6	3,7
Constituants minéralogiques												
Anorthite	6,1	6,8	7,1	7,5	14,0	9,2	5,2	11,8	13,8	12,5	3,9	9,1
SiO_2	37,7	31,2	40,0	45,3	73,9	59,6	31,1	50,9	52,3	40,4	28,8	39,4
FeO	56,3	62,0	52,9	47,2	12,1	31,2	63,7	37,2	33,9	47,1	67,3	51,5
Microconstituants												
Anorthite	6,1	6,8	7,1	7,5	14,0	9,2	5,2	11,8	13,8	12,5	3,9	9,1
Fayalite	79,8	88,0	75,0	66,9	17,2	44,3	90,3	52,8	48,1	66,8	95,5	73,1
Wustite	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SiO_2 libre	14,2	5,2	17,9	25,6	68,8	46,5	4,5	35,4	38,1	20,7	0,6	17,8

* Scories contaminées

Code	61	62	63	64*	67	69*	71	73*	84	85	86*
Analyse											
FeO	31,7	47,3	36,4	8,4	29,9	15,6	34,0	16,1	70,9	67,1	35,9
SiO_2	46,7	34,7	42,8	73,6	48,3	59,7	39,6	61,9	13,3	23,8	44,4
CaO	10,6	7,3	9,0	3,5	7,7	7,9	9,8	7,5	2,7	3,7	7,2
Al_2O_3	3,8	2,7	3,5	6,7	6,6	6,5	3,9	5,6	1,1	2,4	4,3
MnO	0,06	0,02	0,02	0,02	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,02	0,06
MgO	2,0	2,5	2,5	1,6	3,1	2,9	2,8	2,7	0,9	1,9	2,3
P_2O_5	0,4	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,5	0,5	0,3	0,1	0,3
S	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
TiO_2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,07	0,1	0,2
Alcali	4,3	3,2	3,9	4,3	4,7	5,1	5,1	5,4	1,0	1,4	4,3
Analyse de coulée											
FeO	31,8	48,2	36,9	8,5	29,7	15,9	35,4	16,1	78,5	66,7	35,9
SiO_2	46,8	35,4	43,5	74,7	47,9	60,7	41,3	62,0	41,8	23,6	44,4
CaO	10,6	7,4	9,1	3,5	7,6	8,0	10,2	7,5	3,0	3,7	7,2
Al_2O_3	3,8	2,8	3,5	6,8	6,5	6,6	4,0	5,6	1,2	2,4	4,3
MnO	0,06	0,02	0,02	0,02	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,02	0,06
MgO	2,0	2,6	2,6	1,6	3,1	3,0	2,9	2,7	1,0	1,9	2,3
P_2O_5	0,4	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,6	0,5	0,3	0,1	0,3
S	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
TiO_2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,08	0,1	0,2
Alcali	4,3	3,3	4,0	4,4	4,7	5,1	5,3	5,4	1,1	1,4	4,3
Constituants minéralogiques											
Anorthite	12,3	8,6	11,1	18,9	20,2	20,7	13,3	17,6	3,5	6,9	13,6
SiO_2	50,1	36,5	45,8	72,0	45,9	61,0	44,0	63,8	14,0	22,2	45,2
FeO	37,6	58,8	43,0	9,1	33,9	18,3	42,7	18,6	82,5	70,9	41,3
Microconstituants											
Anorthite	12,3	8,6	11,1	18,9	20,2	20,7	13,3	17,6	3,5	6,9	13,6
Fayalite	53,3	77,8	61,0	13,0	48,0	26,0	60,6	26,4	47,5	75,1	58,5
Wustite	-	-	-	-	-	-	-	-	49,0	18,0	-
SiO_2 libre	34,3	13,6	27,8	68,2	31,8	53,3	26,2	56,1	-	-	27,9

* Scories contaminées



● Scories de la boutique de forge (1H51)

■ Scories de la palissade (1H37 et 1H43)

43 Constitution des scories du fort Saint-Joseph. (Dessin: J. Renaud.)

penser que la technique du forgeron n'était pas tout à fait au point, probablement à cause du manque d'entretien de la forge par le forgeron. Lorsque celui-ci se sert de la forge pour des travaux de soudure, il doit retirer les scories car ces travaux requièrent un feu exempt de déchets. Il doit également nettoyer le fourneau lorsque le feu est éteint. La négligence du forgeron est attestée par la présence dans les scories de nombreux fragments de fer dont certains sont nettement des parties d'objets oubliées ou tombées dans la forge. Cependant, un grand nombre de fragments de fer présents dans les agrégats de scories dénotent un travail du fer ayant pour but la transformation de la fonte brute en fer forgé de la manière étudiée à la section suivante.

Le travail du fer à la forge

Avant d'entreprendre l'étude des diverses opérations du travail du fer exécutées à l'atelier par le forgeron, nous étudierons d'abord ce

qu'est la soudure par brasage. De pratique courante chez les anciens forgerons, la soudo-brasure nécessitait une température très élevée. Notre examen a démontré que le forgeron du fort Saint-Joseph pratiquait la soudure par brasage, ou assemblage de deux morceaux de fer à l'aide de l'interposition d'un alliage de cuivre. On avait habituellement recours à cette technique pour réparer les objets brisés qu'il était impossible ou difficile de souder, notamment les objets en fonte ou les outils en acier dur. Pour braser, le forgeron plaçait les morceaux brisés dans le fourneau et les chauffait jusqu'à ce qu'ils atteignent le degré de brasage. Ensuite, il réunissait les morceaux à l'endroit de la cassure et, en se servant de sable ou de borax comme fondant, il comblait l'espace entre les morceaux en y ajoutant du laiton ou du cuivre qui, une fois fondu, se répandait sur toute la surface à souder. L'objet ainsi réparé refroidissait dans le fourneau pendant que le métal d'apport se solidifiait et que le feu s'éteignait. Puis, le forgeron retirait l'objet du fourneau et éliminait l'excédent de laiton ou de cuivre. S'il était distrait, il pouvait facilement renverser du laiton fondu qui se mélangeait alors aux scories et aux fragments de fer. La présence de particules de cuivre dans l'un des agrégats de scories et des traces de cuivre et de zinc sur la surface de plusieurs autres en sont la preuve. Le zinc à braser traditionnel du chaudronnier était en fait du laiton ordinaire (50Cu50Zn ou 60Cu40Zn). L'analyse par dispersion de l'énergie des échantillons examinés a démontré que les restes de brasure sur les deux objets de fer provenant de l'atelier du forgeron étaient en laiton.

Les résultats de l'examen des agrégats de scories et des fragments de fer s'ajoutant aux témoignages archéologiques semblent indiquer qu'il s'agit d'un atelier fort modeste où le forgeron fabriquait et réparait des outils et autres objets. Néanmoins, le nombre et la diversité des morceaux de métal trouvés dans les agrégats de scories nous incitent à faire un examen plus prudent du travail du fer à l'atelier du fort Saint-Joseph. En effet, il est peu vraisemblable que tous les fragments de fer, d'acier et tout particulièrement de fonte, présents dans les agrégats, constituent des débris d'objets laissés dans le fourneau au cours du brasage ou du forgeage. Il est possible d'interpréter la présence de certains fragments dans les scories comme provenant de l'opération métallurgique consistant à transformer la fonte brute en fer forgé par une méthode de fabrication indirecte.

L'ancien procédé indirect faisant usage du charbon de bois comme combustible comportait deux étapes: la fusion et l'affinage. D'abord, la fonte brute en fusion était extraite du minerai dans un haut fourneau au charbon de bois, puis, à sa sortie du fourneau, elle était versée dans un lit de coulée. Ensuite, la fonte brute était transformée en fer malléable dans une forge équipée de trois éléments essentiels: un foyer d'affinerie (la finerie), un feu pour chauffer la pièce à marteler (le four à réchauffer) et un marteau-pilon. Le travail au bas-foyer comportait deux étapes, le blanchiment et l'affinage, qui avaient lieu dans le même fourneau sans transition très nette. La transformation de la fonte brute en fer forgé se réalisait par oxydation du surplus d'impuretés de la fonte brute au moyen de l'air provenant d'une tuyère. On approchait progressivement le lit de fonte de la tuyère jusqu'à ce que l'extrémité la plus près atteigne le point de fusion et que des gouttelettes de fer se mettent à couler. En tombant sur la sole, les gouttelettes s'oxydaient rapidement et le carbone contenu dans le fer se consumait. Les principales impuretés -- silicone, manganèse et phosphore, ainsi qu'une partie du fer oxydé -- s'amassaient en scories semblables à celles que l'on trouve dans les ateliers de forgeron. Après l'affinage, les morceaux étaient chauffés à nouveau dans le four à réchauffer, puis martelés pour faire partir l'excédent de scories et, finalement, soudés ensemble pour former une barre.

Les analyses du fer aux différentes étapes caractéristiques de la méthode indirecte de fabrication sont présentées au tableau 10. Dans ce tableau, nous comparons les objets découverts en Grande-Bretagne sur le site Nibthwaite datant du XVIII^{e} siècle (Morton 1969: p. 10) et ceux du fort Saint-Joseph.

Il semble que les matériaux ferreux provenant du fort Saint-Joseph, fonte, acier et fer malléable dont la teneur en carbone varie de très forte à très faible, pourraient être en réalité des produits des diverses étapes du procédé de transformation. La teneur en carbone de ces matériaux change sans doute en fonction de la quantité consumée lors de l'affinage. La composition de l'agrégat n^{o} 87, typique d'un morceau de fer affiné, constitue

Tableau 10. Comparaison entre le fer fabriqué par un procédé indirect et le fer provenant du fort Saint-Joseph

	Nibthwaite, Grande-Bretagne (Morton 1969: 10)			Fort Saint-Joseph, Ontario		
Élément	Fonte brute (%)	Fer affiné (%)	Fer forgé (%)	Fonte brute (nº 28) (%)	Fer affiné (nº 87) (%)	Fer forgé (nº 4M) (%)
C_{total}	3,86	2,94	0,028	1,85	2,18	0,04
$C_{graphitique}$	2,43	0,01	-	0,91	0,12	-
$C_{combiné}$	1,43	2,93	-	0,94	2,06	-
Si	0,85	0,173	0,23	1,94	0,08	0,023
Mn	0,05	0,05	0,13	0,010	<0,01	0,005
P	0,11	0,16	0,31	0,10	0,09	0,22
S	0,029	0,037	0,024	0,050	0,07	<0,005

un bon exemple. La teneur en carbone de l'échantillon est élevée mais la silicone est presque totalement oxydée. Il s'ensuit donc qu'un grand nombre des scories examinées peuvent être des scories d'affinage plutôt que des scories de forgeage. Les scories d'affinage et les scories de forgeage ont une composition identique, sont de structure et d'apparence semblables, et il est très difficile de les distinguer.

Comme nous l'avons mentionné, la transformation de la fonte brute en fer forgé nécessite de véritables fonderies bien équipées, de sorte que le petit atelier du forgeron se prête difficilement à ce genre d'opérations. Jusqu'à présent, nous n'avons découvert aucun témoignage archéologique de la présence d'une finerie, d'un four à réchauffer ou d'un marteau-pilon sur les lieux. On peut même se demander s'il est possible de procéder à l'affinage dans un atelier de forgeron. Néanmoins, les conclusions de notre étude semblent pencher en ce sens.

Nous étudierons donc la fonte d'une façon plus approfondie parce qu'elle pourrait prouver qu'il y a eu effectivement des travaux d'affinage. À part sa structure et sa composition, présentées plus tôt, nous avons également calculé son équivalence en carbone et sa température de fusion. L'équivalence en carbone est égale à la teneur en carbone ajoutée à la somme de la teneur en silicium et en phosphore multipliée par 0,3. La température de fusion du mélange eutectique a été déterminée à partir de la formule empirique suivante:

$$T°C = 1669°C - 124\ (\%C + \%Si/4 + \%P/2)$$

L'équivalence en carbone, qui précise dans quelle mesure une analyse donnée correspond à celle de la composition eutectique, était d'environ 2,5, ce qui indiquait clairement la nature hypoeutectique du morceau de fonte. Pour l'échantillon nº 28, la température de fusion était d'environ 1370°C. Habituellement, une lédéburite eutectique de cémentite et d'austénite fait partie de la structure de la fonte. Ce n'est pas le cas des fragments examinés, qui, pour de la fonte, ont une structure plutôt inhabituelle constituée d'aiguilles de cémentite dans une matrice de perlite. Dans certaines conditions, toutefois, le mélange eutectique ferreux blanc peut avoir une structure en forme de plaque avec des aiguilles de cémentite. Cette formation est toujours due à une surfusion favorisée par le surchauffage de la coulée, ce qui réduit la nucléation.

La composition nous renseigne sur la méthode de fabrication de la fonte. La teneur relativement peu élevée en silicone indique une température maximum étant donné que les températures élevées favorisent la production de fonte brute à haute teneur en silicone. Le

même raisonnement s'applique à la faible teneur en manganèse. La faible teneur en phosphore donne à penser que des minerais pauvres en phosphore ont été utilisés lors de la fusion puisque le phosphore du minerai apparaît également dans le fer. Toutefois, la teneur en soufre est faible à cause de l'utilisation du charbon de bois (matériau à faible teneur en soufre) comme réducteur. Nous en concluons que les morceaux de fonte ont été produits par la fusion de minerais pauvres en phosphore dans un haut fourneau à vent froid avec un feu alimenté au charbon de bois.

CONCLUSION

Nos recherches ont démontré que les scories examinées constituent les résidus d'un procédé du travail du fer où les pertes de fer étaient élevées et où une quantité importante de silice était absorbée par le revêtement de sable. La plupart sont des scories de forgeage mais certaines pourraient être des scories d'affinage.

La structure, la composition, les propriétés physiques et le point de fusion des scories montrent que seulement la moitié des échantillons, c'est-à-dire les scories lourdes et foncées, constituent de vraies scories. Les échantillons pâles et poreux sont des scories contaminées formées à partir du revêtement scorifié du four et du laitier.

On peut dire des scories qu'elles sont un matériau de densité élevée à forte teneur en fer, à teneur relativement élevée en silice et pauvres en éléments comme l'alumine, la chaux, l'oxyde de manganèse et l'anhydride phosphoreux. La composition minéralogique d'un grand nombre d'échantillons de scories s'inscrit dans une large gamme de compositions à point de fusion peu élevé se rapprochant de la fayalite, soit environ 1200°C.

En revanche, les scories contaminées sont un matériau très poreux et hétérogène, dont la densité et la teneur en fer sont inférieures à celles des scories pures, mais dont la teneur en silice est supérieure. Leur structure, dénuée de microconstituants nettement reconnaissables, est constituée essentiellement de particules de silice dans une matrice de fayalite fondue. Des colonnes de fayalite pénètrent dans la matrice fondue dans les échantillons de revêvement scorifié du four. La température de fusion très élevée des scories contaminées prouve qu'une grande partie du matériau est constituée soit de scories contaminées par le revêtement du four, soit d'un autre produit inhabituel et non représentatif dont la présence est due à une mauvaise technique de forgeage ou à des températures de travail excessivement élevées.

L'étude des scories n'a pas révélé de différences appréciables ou significatives entre les agrégats trouvés dans l'atelier et ceux de la palissade. Nous n'avons pas trouvé de preuves attestant l'existence d'une deuxième forge.

Vingt des agrégats de scories contiennent des fragments de métal ferreux dont la moitié est constituée de fer forgé et l'autre moitié comprend en quantités égales de l'acier et, à notre grande surprise, de la fonte. Quelques fragments appartiennent de toute évidence à des restes d'objets perdus dans le fourneau, ce qui nous porte à croire que le forgeron était négligent dans son travail. De plus, les nombreux morceaux de scories contaminées provenant de la forge suggèrent une technique peu raffinée sans doute attribuable au manque d'entretien de la forge.

Sur les 16 objets ferreux soumis à l'étude, trois quarts sont en fer forgé et un quart en acier. Ces chiffres donnent une idée générale plutôt qu'exacte des proportions de fer forgé et d'acier utilisées à l'atelier. La moitié des objets en fer forgé sont en fer malléable doux et l'autre moitié, de dureté élevée, semble provenir d'un matériau riche en phosphore, fragile à froid.

La structure des objets en fer forgé consiste surtout en ferrite équiaxe dont la teneur en carbone est inférieure à 0,1 pour cent et les grains, de grosseur moyenne, de même que les cordons de scories, sont orientés dans le sens de la déformation dominante. On

associe cette structure au simple refroidissement à l'air à partir de températures situées bien au-dessus de la température critique, sans autre forme de traitement. Les grains équiaxes dénotent un forgeage à chaud. Des indices du travail à froid, sous forme de lignes de Neumann, n'ont été relevés que dans un seul objet. La carburation observée dans plusieurs objets n'était qu'accidentelle et sans doute due à une carburation de surface dans la forge au contact du charbon de bois chaud.

La structure des objets en acier, dont la matrice est en perlite, dénote une teneur élevée en carbone. Il semble que le forgeron ait tenté de durcir l'un des objets en acier par un traitement thermique avec refroidissement par trempe qui lui a donné une structure de perlite sorbitique d'une grande dureté. Deux autres objets en acier ont dû être rechauffés et maintenus un certain temps entre 600 et 700°C comme en témoigne leur structure globulaire.

Plusieurs opérations métallurgiques étaient exécutées à la forge, notamment le travail à chaud, la soudure par forgeage, le brasage, un peu de travail à froid et, dans une moindre mesure, la trempe. La présence de morceaux de charbon dans un grand nombre d'agrégats de scories prouve irréfutablement qu'on se servait de charbon comme combustible. La très faible teneur en soufre des matériaux de scories confirme cette hypothèse. La température minimum du feu de forge était d'environ 1150-1200°C avec une température de travail probable de 1250 à 1450°C. Le forgeron travaillait avec divers matériaux dont le fer forgé, l'acier dur et mi-dur, et la fonte blanche.

Quelques-uns des fragments de métal ferreux enfermés dans les agrégats de scories, en particulier les fragments de fonte, semblent indiquer que le forgeron s'est servi d'une méthode d'affinage dans le but de transformer de la fonte brute en fer forgé. Même si les fouilles n'apportent pas de faits à l'appui de cette hypothèse, la possibilité que l'on ait tenté de transformer la fonte brute en fer forgé à l'atelier de forge du fort Saint-Joseph n'est pas dénuée de fondement. Les opérations d'affinage expliqueraient la présence de fonte, de fer affiné, d'acier et de fer malléable dans les agrégats de scories. En fait, la composition des morceaux de fonte, si l'on fait exception de leur teneur en manganèse très faible, correspond à la composition typique de la fonte brute moderne. Nous n'avons cependant trouvé aucune preuve nous indiquant que le forgeron effectuait des travaux de fusion et de fonte.

La teneur en cuivre des scories, à une exception près, est inférieure à 0,1 pour cent. Comme les scories de cuivre comportent habituellement un minimum d'environ 0,5 pour cent de cuivre, les scories du fort Saint-Joseph ne sont pas liées de toute évidence au travail du cuivre ou de ses alliages.

BIBLIOGRAPHIE

Bartuska, Miloslav et Radomir Pleiner
"Untersuchung der Schlackenproben von Mühlthal", Münchner Beiträge Vor-u. Frühgeschichte, 1968, vol. 13, p. 97-101.

Bealer, Alex W.
The Art of Blacksmithing, New York, Funk and Wagnalls, 1976.

Bradley Smith, H.R.
"Blacksmiths' and Farriers' Tools at Shelburne Museum", Museum Pamphlet Series, nº 7, Shelburne, Vermont, The Shelburne Museum, Inc., 1966.

Hume-Rothery, W.
The Structures of Alloys of Iron, Oxford, Pergamon Press, 1966, p. 306-321.

Levin, E.M., et al.
Phase Diagrams for Ceramists, Columbus, Ohio, 1956, p. 171.

Light, John D.
"Étameur, commerçant, soldat, forgeron: forge d'un poste de traite sur la frontière, fort Saint-Joseph, Ontario, 1796-1812". Présent ouvrage, 1984, Ottawa.

Morton, George R.
"Technical Aspects of the Early Iron Industry of Furness and District", Bulletin of the Historical Metallurgy Group, 1969, vol. 3, nº 1, p. 6-11.

Morton, George R. et Joyce Wingrove
"Constitution of Bloomery Slags: Part I: Roman", Journal of the Iron and Steel Institute, 1969a, vol. 207, nº 12, p. 1556-1564.
"Slag, Cinder, and Bear", Bulletin of the Historical Metallurgy Group, 1969b, vol. 3, nº 2, p. 55-61.
"The Charcoal Finery and Chafery Forge", Bulletin of the Historical Metallurgy Group, 1971, vol. 5, nº 1, p. 24-28.

Piaskowski, Jerzy
"Technika Gdanskiego hutnictwa i kowalstwa zelaznego X-XIV W. na podstawie badan metaloznawczych" (Technique de fusion et de travail du fer à Gdansk du Xe au XIVe siècle d'après l'examen métallographique), Gdansk wczesosrednowieczny, 1960, tome 2, Prace Komisji Archeologicznej nº 2, Gdansk.

Thompson, F.C.
"Microscopic Studies of Ancient Metals", Science and Archaeology, éd. D. Brothwell et E. Higgs, Bristol, Thames and Hudson, 1963, p. 510-518.

Thomsen, Robert
"Essestein und Ausheizschlacken aus Haithabu", Untersuchungen zur Technologie des Eisens, Berichte über die Ausgrabungen in Haithabu Nr. 5, Neumunster, Karl Wachholz Verlag, 1971, p. 100-109.

Tylecote, Ronald F.
Metallurgy in Archaeology, Londres, Edward Arnold, 1962.

Wingrove, Joyce
"Identification of Iron Oxides", Journal of the Iron and Steel Institute, 1970, vol. 208, nº 3, p. 258-264.

La présente étude porte sur une forge d'un poste de traite du début du XIX[e] siècle au fort Saint-Joseph, en Ontario, probablement en activité avant 1810. Nous examinons les artefacts afin de déterminer l'agencement de la boutique, son propriétaire et le type d'activités du forgeron. Nous nous attachons également à décrire les techniques utilisées, la méthode de fabrication et les modes d'assemblage de cinq haches de fer. Une quantité importante de scories et quelques fragments de fer provenant de la boutique de forge font l'objet d'une étude métallographique. L'étude décrit les matériaux, les techniques employées et les procédés de forgeage de la forge.

Canada